



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ENERGETICKÝ ÚSTAV**

ENERGY INSTITUTE

**NÁVRH VYTÁPĚNÍ POLYFUNKČNÍHO OBJEKTU**

SPACE HEATING OF A MIXED-USE BUILDING

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Jakub Dvořák**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.**

**BRNO 2017**



## Zadání diplomové práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Bc. Jakub Dvořák**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Technika prostředí  
Vedoucí práce: **doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### Návrh vytápění polyfunkčního objektu

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Polyfunkční objekty sdružující obchodní a bytové prostory lze velmi často nalézt v místech s hustou zástavbou, kde umožňují přirozeným způsobem spojit prostor pro bydlení s prostorem pro poskytování služeb. S polyfunkčními objekty se lze také setkat v případech, kdy majitel využívá jednu část objektu pro bydlení a jinou část pro své podnikání. Vzhledem k tomu, že je každá část polyfunkčního objektu využívána k jinému účelu, řídí se zpravidla návrh jednotlivých částí objektu samostatnými předpisy z hlediska TZB, hygienických požadavků, případně požadavků na požární bezpečnost.

#### Cíle diplomové práce:

Cílem diplomové práce je navrhnout systém vytápění polyfunkčního objektu zahrnujícího obchodní prostory a bytové zázemí. Součástí diplomové práce bude výpočet tepelných ztrát objektu, návrh zdroje tepla a potřebných výkonů otopných těles/ploch, dimenzování a hydraulické vyvážení otopné soustavy, výpočet potřeby teplé vody a návrh jejího ohřevu včetně návrhu zásobníku TV. Součástí diplomové práce bude také vypracování potřebné výkresové dokumentace.

#### Seznam literatury:

Topenářská příručka, 2001, vydavatel: GAS s.r.o.

2013 ASHRAE handbook: Fundamentals. S.I. Editions, ASHRAE, 2013. ISBN 978-1-936504-47-3.

ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu.

ČSN EN 15316-3-1 Tepelné soustavy v budovách - Výpočtová metoda pro stanovení potřeb energie a účinností soustavy - Část 3-1: Soustavy teplé vody, charakteristiky potřeb (požadavky na odběr vody).

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 31. 10. 2016



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Předmětem této diplomové práce je návrh systému vytápění pro pětipodlažní objekt s částečným obchodním využitím prvního nadzemního podlaží. Řešený objekt obsahuje jedno podzemní a čtyři nadzemní podlaží. Diplomová práce je koncipována jako projekt TZB, konkrétně profese ÚT. Jako takový obsahuje výpočet návrhového tepelného výkonu, návrh otopných ploch/těles, hydraulické vyvážení otopných větví, přípravu teplé vody, návrh zdroje tepla, výpočet zabezpečovacích zařízení a návrh čerpadel. Součástí diplomové práce je i ideový návrh regulace otopné soustavy.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Vytápění, polyfunkční objekt, tepelná ztráta, tlaková ztráta, příprava teplé vody, podlahové vytápění

## **ABSTRACT**

The subject of this diploma thesis is to design space heating system for building with five floors, where the first above ground floor is used as commercial space. Designed building have one underground floor and four above ground floors. Diploma thesis is designed as project of Building Service, specifically that of Heating. This diploma thesis contains calculations of the design heat load, design of radiators and others heating surfaces, hydraulic balancing, generation of domestic hot water, design of heat source, calculations of safety devices and pumps design. Part of this diploma thesis is also conceptual design of regulation.

## **KEYWORDS**

Space heating, mixed-use building, heat loss, pressure drop, preparation of hot water, radiant floor heating



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

DVOŘÁK, J. Návrh vytápění polyfunkčního objektu. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 85 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Pavel Charvát, Ph.D..





**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny bibliografické a elektronické zdroje.

Brno 20. května 2017

-----

Podpis



**Poděkování:**

Chtěl bych poděkovat panu doc. Ing. Pavlu Charvátovi, Ph.D. za vedení práce a rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Dále bych chtěl poděkovat všem kolegům v práci za technickou podporu.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>POPIS OBJEKTU .....</b>	<b>17</b>
2.1	Dispoziční řešení .....	17
2.2	Konstrukční řešení.....	18
2.2.1	Výpočet U-hodnot stavebních konstrukcí.....	18
<b>3</b>	<b>TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU .....</b>	<b>21</b>
3.1	Uvedení do tématu.....	21
3.2	Výpočet návrhového tepelného výkonu pro celou budovu .....	24
<b>4</b>	<b>NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY .....</b>	<b>27</b>
4.1	Uvedení do tématu.....	27
4.1.1	Teplovodní otopné soustavy .....	27
4.1.2	Otopná tělesa.....	29
4.1.3	Otopné soustavy převážně sálavé .....	30
4.2	Návrh těles/podlahového vytápění a potrubní sítě .....	33
4.2.1	Větev vytápění 1. NP .....	34
4.2.2	Větev vytápění bytů 1+KK .....	35
4.2.3	Větev vytápění zbylých BJ .....	37
4.3	Hydraulické vyvážení OS.....	38
4.3.1	Hydraulické vyvážení větve Vytápění 1. NP .....	39
4.3.2	Hydraulické vyvážení větve Otopná tělesa byty .....	40
4.3.3	Hydraulické vyvážení větve Podlahové vytápění .....	43
<b>5</b>	<b>NÁVRH PŘÍPRAVY TV .....</b>	<b>45</b>
5.1	Uvedení do tématu.....	45
5.1.1	Navrhování.....	46
5.2	Výpočet přípravy TV pro řešený objekt.....	47
<b>6</b>	<b>NÁVRH VYBAVENÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI .....</b>	<b>51</b>
6.1	Návrh zdroje tepla .....	51
6.1.1	Možné zdroje tepla.....	51
6.1.2	Výběr zdroje tepla .....	52
6.1.3	Větrání zdroje tepla.....	52
6.2	Návrh čerpadel .....	52
6.3	Návrh zabezpečení otopné soustavy.....	54
6.3.1	Požadavky .....	54
6.3.2	Výpočet zabezpečení OS .....	55

6.4	Ostatní zařízení .....	56
<b>7</b>	<b>IDEOVÝ NÁVRH REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY .....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>POŽADAVKY NA OSTATNÍ PROFESE TZB.....</b>	<b>59</b>
<b>9</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>61</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>64</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ .....</b>	<b>68</b>



# 1 ÚVOD

Cílem této diplomové práce je navržení systému vytápění pro polyfunkční objekt se čtyřmi nadzemními podlažími a jedním podzemním patrem, jehož součástí jsou nevytápěné prostory (kotelna, garáže a sklepní kóje). Řešený objekt je reálná budova v projekční fázi, která je situována v Brně Řečkovících.

Jelikož se jedná o objekt, kde je plánováno využití prvního podlaží pro komerční účely, tak nepřipadá v úvahu nevypracování kompletní projektové dokumentace stavby. Tato diplomová práce pokrývá projektovou dokumentaci profese ÚT (vytápění) a to půdorysy všech pater, schémata zapojení kotelny a schémata samostatných větví otopného systému. Součástí navrženého řešení je i příprava pro vzduchotechniku, konkrétně připojení přehřevu rekuperační jednotky.

Úvodem této diplomové práce je přiblíženo stavebně-dispoziční řešení objektu, to je zároveň podkladem pro vypracování projektové dokumentace profese ÚT. Následně jsou uvedeny výsledky výpočtu návrhového tepelného výkonu řešeného objektu. Následně je uveden návrh samotné otopné soustavy a všech jejích komponent, včetně hydraulického vyvážení otopné soustavy. Pro vytápění obchodní plochy a jejího zázemí je navrženo vytápění deskovými otopnými tělesy. Desková otopná tělesa jsou využita i pro vytápění části obytných prostor. Pro většinu bytů je navrženo podlahové vytápění. Součástí závěrečné práce je i návrh ohřevu teplé vody, samotné rozvody teplé vody jsou součástí projektové dokumentace Zdravotechnika, která není součástí této diplomové práce. Pro účely diplomové práce je řešen i ideový návrh regulace, který v reálném projektu detailně zpracovávají projektanti profese MaR.

Dobře navržený systém vytápění zajišťuje nejen tepelnou pohodu pro koncové uživatele, ale také snižuje náklady na provoz. Pokud budou v této diplomové práci uvedeny konkrétní obchodní názvy, jedná se o vymezení technického standardu a lze použít i jiný výrobek obdobných technických vlastností.

Při vypracování této diplomové práce je použito několika projekčních programů (PROTECH pro výpočet návrhového tepelného výkonu, Techcon GiacoCAD pro návrh podlahového vytápění). Ty v praxi ulehčují mnohdy složité výpočetní postupy a zkracují tak dobu potřebnou k vypracování projektové dokumentace.





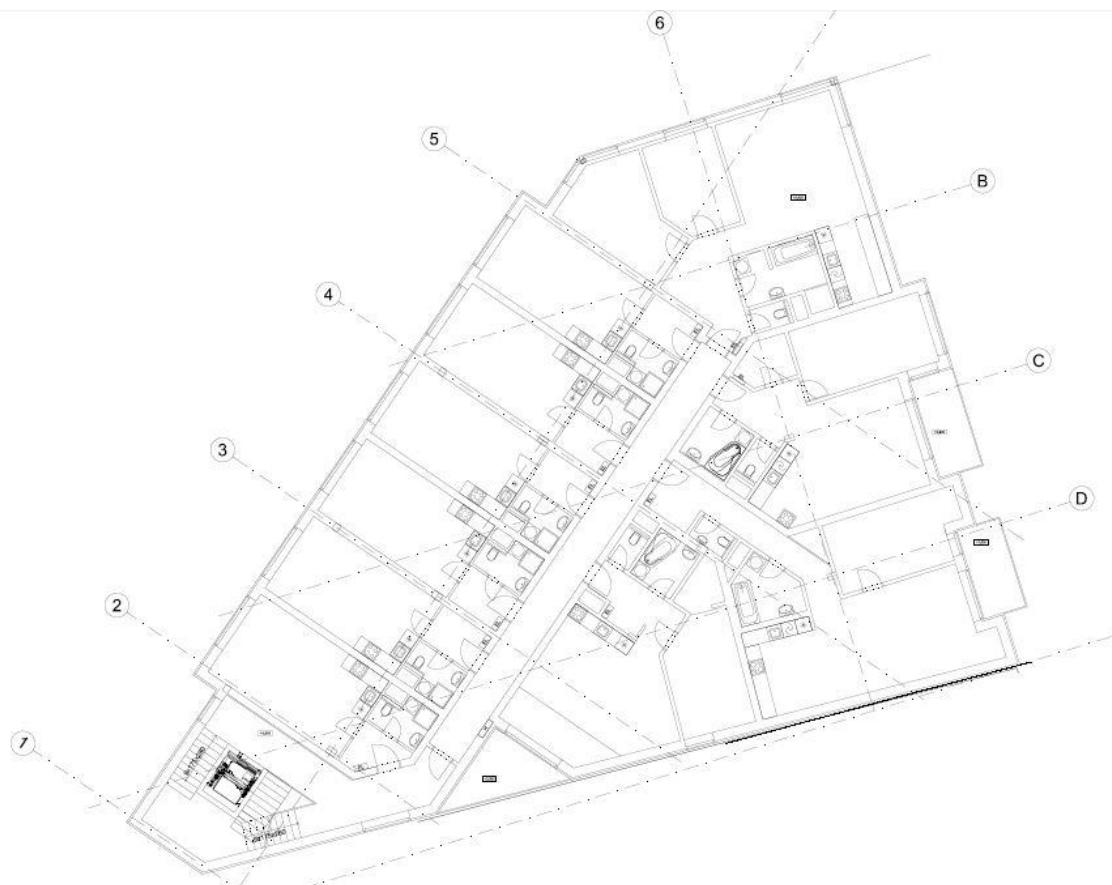
## 2 POPIS OBJEKTU

Návrh vytápění je proveden pro pětipatrový bytový dům, který je pro výpočty situován v příměstských oblastech města Brna. Samotný bytový dům lze rozdělit na tři samostatné části: suterén (1. S), obchodní plochy včetně zázemí, které se nacházejí v 1. NP (nadzemní podlaží) a na obytnou část, jenž obsahuje tři nadzemní patra bytových jednotek (2. až 4. NP).

### 2.1 Dispoziční řešení

Suterén, je z větší části tvořen podzemními garážemi. Ke garážovému prostoru místy přiléhají sklepní kóje pro obyvatele bytů 2. až 4. NP. Vnitřní parkovací stání jsou částečně snížena pod úroveň okolních podlah. Zbytek suterénu tvoří schodiště s výtahovou šachtou a technická místnost pro vytápění a ohřev TV.

Druhá část budovy obsahuje kromě samotného obchodního prostoru taktéž jeho zázemí, a to dvě denní místnosti pro zaměstnance, WC s předsíní, sprchu, sklad, který bude částečně sloužit jako dílna a v neposlední řadě místnost obsluhující zásobování pro obchodní plochu. Zbylá část 1. NP je koncipována jako nevytápěná a obsahuje kolárnu, dva prostory pro popelnice, malý sklad, zádveří a schodištní prostor včetně výtahové šachty.



**Obr. 2.1:** Půdorys 3. NP

Poslední, obytnou, část lze rozdělit na dvě zóny. Část bytů je koncipována jako garsonky s dispozicí 1+kk (obývací pokoj s kuchyňským koutem, předsíní a koupelna s WC), tyto bytové jednotky (dále též BJ) jsou orientovány na SV. Zbytek obytných prostor nadzemních podlaží obsahuje BJ s dispozicí od 2+kk (v těchto případech ložnice, obývací pokoje s kuchyňským koutem, předsíní, koupelnu a WC) až 4+kk obsahující výše uvedené dispoziční řešení s pokoji navíc. Některé BJ obsahují příčkami oddělenou šatnu. Samozřejmostí obytných pater je schodištní prostor s výtahovou šachtou.

## 2.2 Konstrukční řešení

Nosnou konstrukcí celé budovy je její železobetonový skelet. Ten tvoří nosné exteriérové stěny v suterénu, stěny schodištního prostoru s výjimkou posledního nadzemního podlaží. Dále část jižních exteriérových stěn a samozřejmě nosné monolitické sloupky včetně železobetonových podlah.

Příčky podzemního patra jsou řešeny pomocí keramických tvárnic (tloušťky 100 až 150 mm) se systémovou omítkou do interiéru, výtahová šachta pomocí keramických tvárnic Porotherm DRYFIX, jedná se o nenosné zdivo. Je navrhována betonová podlaha se vsypem, v technické místnosti podlaha keramická. Nechybí vnější izolace z polystyrenu, a zateplení stropu expandovaným polystyrenem (dále EPS) tl. 150 mm.

Podlaha 1. NP se skládá z již dříve zmíněné železobetonové desky, dále obsahuje tepelnou izolaci z EPS, cementový potěr, hydroizolaci. Jako podlahová krytina je volena keramická dlažba. Vnitřní příčky jsou vyzděny pomocí keramických tvárnic Porotherm DRYFIX tloušťky 200 až 250 mm, tenčí příčky pomocí výše uvedených tvárnic tloušťky 100 nebo 150 mm. V prodejní ploše je instalován podhled, jenž je využíván k vedení rozvodů topení, případně i vzduchotechnického potrubí. Stěny do exteriéru jsou zateplené tepelnou izolací z EPS tloušťky 150 mm, v prostoru schodiště je tato tloušťka zvýšena na 200 mm, tak aby došlo ke snížení tepelných ztrát do exteriéru. Tyto izolace jsou, pokud není řečeno jinak, použity ve všech nadzemních patrech objektu.

Druhé a třetí podlaží je konstrukčně, až na malé detaily, totožné. Konstrukce schodištního prostoru zůstává taktéž totožná vůči nižším podlažím. Garsonky jsou odděleny nenosnými stěnami z keramických tvárnic, v několika případech železobetonovým skeletem. Podlahy u BJ dispozice 1+kk obsahují kromě železobetonové desky vrstvu tepelné a kročejové izolace, cementový potěr a nášlapnou vrstvu. V případě obývacích pokojů je tím laminát, v koupelnách a předsíních je použita keramická dlažba. Konstrukce větších bytů je obdobná, v případě samostatné kuchyně je použito taktéž keramické dlažby.

Poslední patro se od ostatních obytných pater liší zesílenou izolací podlah, vrstva EPS je, oproti nižším patřům (15 mm) zesílena až na 365 mm. Střecha je taktéž zaizolována min. 200 mm EPS. Stěny jsou výhradně postaveny pomocí keramických tvárnic.

Nedílnou součástí většiny vnitřních konstrukcí je vápenocementová omítky, pokud není řečeno jinak.

### 2.2.1 Výpočet U-hodnot stavebních konstrukcí

Součinitel prostupu tepla je převrácenou hodnotou odporu konstrukce proti prostupu tepla. Lze pro něj tedy psát vztah:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_i + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} \quad (2.1)$$

Kde  $R_{si}$  je tepelný odpor proti prostupu tepla na vnitřní straně v  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ,  $R_{se}$  je tepelný odpor proti prostupu tepla na vnější straně v  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ,  $d_i$  tloušťka vrstvy v m a  $\lambda_i$  tepelná vodivost materiálu konstrukce v  $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ . V praxi se používá celkový součinitel prostupu tepla  $U_c$ , který dostaneme přičtením korekčního činitele k výsledku vztahu 2.1[1].

Pro obvodovou stěnu tloušťky 470 mm je součinitel prostupu tepla roven:

$$U_c = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} + \Delta U = \frac{1}{0,13 + \left( \frac{0,01}{0,8} + \frac{0,3}{0,26} + \frac{0,15}{0,039} + \frac{0,01}{0,8} \right) + 0,04} + 0,02$$

$$U_c = 0,212 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$$

Vzhledem k tomu, že byl tento výpočet proveden spolu s výpočtem tepelných ztrát v programu PROTECH, modul TV, je tento a výpočet pro ostatní konstrukce uveden v příloze 1 – Použité stavební konstrukce řešeného objektu.

Použité hodnoty tepelných vodivostí jsou převzaty z katalogu materiálů, který je součástí programu PROTECH.



### 3 TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Základním údajem potřebným pro další návrh systému vytápění je tepelná ztráta řešené stavby (respektive jednotlivých místností). Výpočet návrhového tepelného výkonu objektu (nové označení pro tepelnou ztrátu) je uveden v normě „ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu“ [2]. Tyto vztahy lze však najít i v jiné literatuře, např. [3 nebo [4].

#### 3.1 Uvedení do tématu

Technické informace z této podkapitoly lze nalézt v [2]. Výpočet návrhového tepelného výkonu podle [2] lze provádět přímo pro prostory s výškou stropu nižší než je 5 m. V případě místností vyšších je nezanedbatelné rozložení teplot v prostoru a je nutno výpočty korigovat korekčními součiniteli. Norma taktéž počítá s ustálením stavu prostředí při návrhových podmínkách. Korekce výsledků musí taktéž proběhnout při předpokladu rozdílných teplot vzduchu a výsledné teploty (může nastat např. při teplovzdušném vytápění).

Při výpočtu návrhového tepelného výkonu je nutno stanovit:

- návrhovou tepelnou ztrátu prostupem,
- návrhovou tepelnou ztrátu větráním,
- návrhový zátopový výkon (pokud se předpokládá přerušované vytápění).

Samotný výpočet se pak skládá z osmi kroků

1. stanovení výpočtových hodnot venkovní a průměrné roční teploty,
2. rozhodnutí o vytápění/nevytápění každého prostoru, stanovení vnitřních výpočtových teplot pro vytápěné prostory,
3. stanovení rozměrových a tepelně-technických vlastností pro všechny stavební konstrukce a místnosti,
4. stanovení součinitele návrhové tepelné ztráty prostupem, následné získání tepelných ztrát prostupem,
5. stanovení součinitele návrhové tepelné ztráty větráním, následné získání tepelných ztrát větráním,
6. stanovení celkové návrhové ztráty,
7. stanovení zátopového výkonu v případě předpokladu přerušovaného vytápění,
8. stanovení návrhového tepelného výkonu objektu/místnosti.

Pro výpočet je nutné znát hodnoty:

- výpočtové venkovní teploty  $\theta_e$ ,
- průměrné roční venkovní teploty  $\theta_{me}$

Tyto hodnoty lze najít v [2] případně [5].

Hodnoty návrhových vnitřních teplot lze získat, pokud nejsou zadány požadavkem investora, například v národní příloze normy [2] nebo v její příloze D.2.

Dále je nutné pro výpočet znát tepelně-technické a rozměrové vlastnosti jednotlivých místností. Tyto vlastnosti jsou:

- vnitřní objem vzduchu  $V_i$  každé místnosti v  $\text{m}^3$ ,
- plocha stavebních částí  $A_k$  v  $\text{m}^2$ ,
- součinitel prostupu tepla každé konstrukce  $U_k$  ve  $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ .

Pokud chceme provést výpočet přesně, je třeba počítat s působením tepelných mostů, které charakterizují následující veličiny:

- lineární činitel prostupu tepla pro tepelný most  $\psi_i$  ve  $\text{W/m}\cdot\text{K}$ ,
- délka tepelného mostu  $l_i$  v m.

S tepelnými mosty je třeba počítat např. při navrhování otopných systémů pasivních domů. Dále k výpočtu tepelných ztrát větráním je nutné znát hodnoty:

- nejmenší intenzity výměny vzduchu  $n_{min}$  v  $\text{h}^{-1}$ ,
- intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa mezi vnitřním a venkovním prostředím  $n_{50}$  v  $\text{h}^{-1}$ ,
- objemový tok vzduchu infiltrací  $\dot{V}_{inf}$  v  $\text{m}^3/\text{s}$ ,
- objemové toky přiváděného ( $\dot{V}_{su}$ ) a odváděného ( $\dot{V}_{ex}$ ) vzduchu v  $\text{m}^3/\text{s}$ ,
- v případě možnosti zpětného získávání tepla jeho účinnost  $\eta_V$ .

Pokud známe všechny vstupní podmínky lze pro návrhovou tepelnou  $\Phi_i$  ztrátu psát:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (3.1)$$

kde  $\Phi_{T,i}$  je návrhová tepelná ztráta prostupem ve W a  $\Phi_{V,i}$  návrhová tepelná ztráta větráním ve W. Návrhovou tepelnou ztrátu prostupem lze určit jako součin součinitelů tepelné ztráty prostupem a rozdílu vnitřní ( $\theta_{int,i}$ ) a vnější výpočtové (návrhové) teploty:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (3.2)$$

Kde veličiny  $H$  jsou postupně součinitelé tepelné ztráty prostupem:

- z vytápěného prostoru do venkovního prostoru pláštěm budovy,
- z vytápěného prostoru do venkovního prostoru nevytápěným prostorem,
- do zeminy,
- do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu.

Všechny tyto součinitelé jsou ve W/K.

Pro výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostoru pláštěm budovy lze použít vztah:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_i \psi_i \cdot l_i \cdot e_i \quad (3.3)$$

kde součinitele  $e$  korigují vypočtené hodnoty při uvažování klimatických vlivů (oslunění, vliv pohlcené vlhkosti, rychlosti větru atd.).

Pro výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostoru nevytápěným prostorem lze použít vztah:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \sum_i \psi_i \cdot l_i \cdot b_u \quad (3.4)$$

kde  $b_u$  je redukční činitel zahrnující rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní výpočtové teploty.

Pro výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem do zeminy lze použít vztah:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left( \sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \quad (3.5)$$

kde součinitelé  $f_g$  zahrnují vliv ročních změn venkovní teploty, resp. rozdíl mezi průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou.  $U_{equiv,k}$  je součinitelem prostupu tepla stavební konstrukcí, podle typologie podlahy ve W/m<sup>2</sup>·K.  $G_w$  je korekční činitel který zohledňuje vliv spodní vody.

Pro výpočet součinitele tepelné ztráty prostupem do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu lze použít vztah:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{i,j} \cdot A_k \cdot U_k \quad (3.6)$$

kde  $f_{i,j}$  je redukční teplotní činitel, který zohledňuje právě výrazný rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty.

Stanovení návrhové tepelné ztráty větráním  $\Phi_{V,i}$  lze provést podle vztahu:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad (3.7)$$

kde  $H_{V,i}$  je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním ve W/K a lze pro něj psát vztah:

$$H_{V,i} = \rho \cdot c_p \cdot \dot{V}_i = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad (3.8)$$

pro konstantní hodnoty  $\rho$  a  $c_p$ .  $\dot{V}_i$  je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru v m<sup>3</sup>/s v prvním případě a v m<sup>3</sup>/h v případě druhém. Stanovení  $\dot{V}_i$  závisí na uvažovaném řešení. Všechny další průtoky, pokud není řečeno jinak, jsou uvedeny v m<sup>3</sup>/h.

Pro přirozené větrání platí:

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad (3.9)$$

kde výměna vzduchu infiltrací se stanoví dle:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (3.10)$$

kde  $e_i$  je stínící činitel a  $\varepsilon_i$  výškový korekční činitel.

Pro minimální hygienické množství vzduchu lze psát:

$$\dot{V}_{min,i} = V_i \cdot n_{min} \quad (3.11)$$

Při použití nuceného větrání je nutno stanovit výměnu vzduchu v místnosti jako:

$$\dot{V}_i = \dot{V}_{inf,i} + \dot{V}_{su,i} \cdot f_{vi} + \dot{V}_{mech,inf,i} \quad (3.12)$$

kde  $\dot{V}_{inf,i}$  lze stanovit podle vztahu 3.10,  $\dot{V}_{su,i}$  je množství přiváděného vzduchu do místnosti,  $f_{vi}$  je součinitel zohledňující rozdíl mezi teplotou přiváděného vzduchu a vnitřní výpočtové teploty.  $\dot{V}_{mech,inf,i}$  je rozdíl mezi množstvím nuceně odváděného a přiváděného vzduchu.

V případě přerušovaného vytápění je nutné spočítat výkon, kterým je znovu dosaženo vnitřní výpočtové teploty. Jak velký je tento výkon, závisí na:

- akumulčních schopnostech stavebních konstrukcí,
- době zátoku,
- poklesu teploty během útlumu vytápění,
- vlastnostech regulace a řízení[2].

Zátopový výkon je dán vztahem:

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad (3.13)$$

kde  $A_i$  představuje podlahovou plochu vytápěné místnosti v  $m^2$  a  $f_{RH}$  korekční zátopový součinitel. Se zátopovým výkonem lze psát konečný vztah pro návrhový tepelný výkon pro jednotlivé místnosti:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad (3.14)$$

Pro celý objekt jednoduše sečteme a získáme návrhový tepelný výkon objektu  $\Phi_{HL}$ :

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad (3.15)$$

Sumují se všechna tepla, s výjimkou tepel sdílených mezi místnostmi.

### 3.2 Výpočet návrhového tepelného výkonu pro celou budovu

Samotný výpočet návrhového tepelného výkonu je proveden v programu PROTECH, konkrétně v jeho modulu TV - norma ČSN EN 12831.

Nejprve je nutno zadat údaje o budově:

- jako systém rozměrů je zvolen vnější,
- lokalita Brno.

Tímto jsou přenastaveny základní ukazatele, jako je nadmořská výška, klimatická oblast, vnější výpočtová teplota a průměrná roční teplota tedy všechny potřebně normou požadované klimatické údaje.



Nastavením knihovny lokalit na podnikovnu ČSN 73 0540 a vybráním Brna získáme tyto hodnoty:

- nadmořská výška: 227 m. n. m.
- klimatická oblast 2
- výpočtová vnější teplota -15 °C
- roční průměrná teplota 5,1 °C

Dále je potřeba nastavit zátopovou přírážku a infiltraci obvodovým pláštěm:

- jako implicitní hodnota zátopového součinitele je zvolena 4 W/m<sup>2</sup>, tedy pro vysokou hmotnost budovy a pokles o 1 K
- $n_{50}$  je volena 4 h<sup>-1</sup>, tedy hodnoty pro střední stupeň těsnosti a stavby s více byty.

Výběr lokality nám též přednastaví součinitel vlivu ročních změn venkovní teploty a to na hodnotu 1,45 (pro Brno). Pro spodní vodu ve hloubce do 1 m je  $G_w$  nastaveno jako 1,15.

Před samotným výpočtem je třeba nastavit v programu potřebné konstrukce, u nich je vypočítána/zadána hodnota součinitele prostupu tepla. Následně lze, pokud bychom chtěli provést výpočet přesně, zadat vazby (tepelné mosty). Po případném zadání tepelných mostů lze přejít k zadání jednotlivých místností. Ty jsou definovány vnějšími rozměry, nebo pokud je místnost atypického tvaru lze zadat pouze podlahové plochy a výšku. Při zadávání místností je potřeba u každé zadat:

- číslo,
- zda se jedná o místnost vytápěnou/nevytápěnou,
- úsek OS,
- vnitřní výpočtovou teplotu,
- výměnu vzduchu,
- zda místnost obsahuje nucené větrání,
- lze zadat i vnitřní zisky,
- výškový činitel,
- zátopový součinitel pro jednotlivou místnost,
- aj.

Vypočtené hodnoty návrhového tepelného výkonu úseku nevytápěných a vytápěných prostor viz příloha 2.

Celková ztráta prostupem tepla je spočtena na hodnotu:

$$\Phi_T = 25\,419\,W$$

Celková tepelná ztráta větráním je vypočtena a výsledná hodnota je rovna:

$$\Phi_V = 39\,451\,W$$

Návrhový zátopový výkon (možný útlum topení je na přání investora uvažován pouze ve 4. NP) je vypočten na:

$$\Phi_{RH} = 1196\,W$$

Celkový návrhový výkon je dle rovnice 3.15 dán součtem těchto hodnot a je roven:

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH} = 25\,419 + 39\,451 + 1\,196 = 67\,999\,W$$

Celkový návrhový tepelný výkon je podkladem pro stanovení vhodného zdroje tepla, návrhové tepelné výkony jednotlivých místností jsou podkladem pro stanovení vhodných otopných těles. Návrh otopných ploch/těles viz kapitola 4.

## 4 NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY

Po stanovení návrhového tepelného výkonu a tepelných ztrát jednotlivých místností (viz předchozí kapitola) je možné navrhnout otopnou soustavu. Tento návrh se skládá z volby teplotního spádu, výběru těles tak, aby jejich výkon dostačoval k pokrytí tepelných ztrát. Aby soustava dobře pracovala, je ji potřebné hydraulicky vyvážit, tedy zajistit požadovaný průtok tělesem.

### 4.1 Uvedení do tématu

Otopná soustava se skládá z:

- zdroje tepla,
- zabezpečovacích zařízení (pojistný ventil, expanzní nádoba atd.),
- potrubní sítě,
- otopných těles či ploch,
- armatur[3].

[3] dále dělí OS např. podle:

- teplotnosné látky (vodní, parní, teplovzdušné),
- tlaku teplotnosné látky (podtlakové, nízko/středo/vysokotlaké)
- maximální teploty teplotnosné látky (nízkoteplotní, teplovodní, horkovodní),
- sdílení tepla (převážně konvekční/sálavé),
- počtu trubek (jedno/dvou/více trubkové),
- oběhu teplotnosné látky (přirozený samotížný oběh, nucený oběh).

Na otopné soustavy jsou kladeny různé požadavky. Projektování by nemělo být v konfliktu s normativními předpisy. Jsou kladeny požadavky na zdroje tepla, na teplotnosnou látku, na bezpečnost provozu. Je nutné zajistit hydraulickou i teplotní stabilitu[3].

Vzhledem k pozdějšímu návrhu se krátce seznámíme se soustavami teplovodními a soustavami převážně sálavými.

#### 4.1.1 Teplovodní otopné soustavy

Dříve byly hojně používané zdroje, jenž ohřívaly vodu na vysokou teplotu a používané teplotní spády byly např. 90/70 °C, 80/60 °C, 75/65 °C atd[3]. Tyto vyšší teploty byly dány horšími tepelně-technickými vlastnostmi objektů. Dnešní trend zateplování ve svém důsledku snižuje potřebné teploty a OS se navrhuje častěji jako nízkoteplotní (do teploty otopné vody 65 °C). Vhodným zdrojem tepla pro tyto soustavy jsou tepelná čerpadla nebo nízkoteplotní a kondenzační kotle. U těchto kotlů není potřeba dbát na to, aby byla teplota vody na vstupu do kotle vyšší než teplota rosného bodu spalín[3].

Vhodné teplotní spády nízkoteplotních soustav jsou např. 55/45 °C, 45/35 °C atd[3].

Z hlediska oběhu teplotnosné látky je vhodnější použití nuceného oběhu, jeho hydraulické a teplotní parametry jsou lepší než při použití samotížného oběhu, nevýhodou je však nutnost připojení čerpadel na elektrickou energii. Vzhledem k tomu, že u soustav s nuceným oběhem

není potřeba tolik dbát na snižování tlakových ztrát, můžeme si dovolit nižší dimenze a otopná soustava není limitována umístěním kotle. V soustavách s nuceným oběhem je proudění teplotnosného média zajištěno nejen dopravním tlakem, ale i účinným tlakem. Pokud tedy chceme zaručit navržené průtoky lze psát:

$$\Delta p_z = \Delta p_\varepsilon + \Delta p_\rho \quad (4.1)$$

kde  $\Delta p_z$  je tlaková ztráta daného okruhu,  $\Delta p_\varepsilon$  dopravní tlak čerpadla a  $\Delta p_\rho$  účinný tlak vyvolaný změnou teplot teplotnosného média, vše v Pa. Vzhledem k tomu, že zpravidla bývá dopravní tlak řádově větší než účinný tlak média, tak lze účinný tlak zanedbat. Toto však nelze provést u výškových budov, kde účinný tlak může dosáhnout nezanedbatelných hodnot[tp1]. V praxi je několik metod výpočtu teplovodních soustav s nuceným oběhem:

- metoda přímé volby čerpadla (volba dimenzí potrubí, výpočet tlakových ztrát a následné vybrání vhodného čerpadla),
- metoda ekonomických rychlostí (návrh dimenzí, tak aby rychlosti v potrubí byly v určitém rozsahu),
- metoda ekonomického tlakového spádu (obdobně jako výše),
- metoda ekvivalentních délek (využívána u dálkových rozvodů)[3].

Tab. 4.1 Hodnoty ekonomických rychlostí a tlakových ztrát

<i>Typ potrubní sítě</i>	<i>Rychlost <math>w</math> [m/s]</i>	<i>Měrná tlaková ztráta <math>R</math> [Pa/m]</i>
<i>Uvnitř obytných prostor, přípojky a stoupačky</i>	0,3 – 0,7	60 – 100
<i>Uvnitř obytných prostor, horizontální rozvod ve sklepě</i>	0,8 – 1,5	100 – 200
<i>CZT vně obytných prostor</i>	2,0 – 3,0	200 – 400
<i>Uvnitř průmyslových prostor, přípojky a stoupačky</i>	0,8 – 2,0	110 – 250
<i>CZT vně průmyslových prostor</i>	2,0 – 3,0	200 – 400

Alternativou k dvourubkovým soustavám je soustava jednorubková. Její velkou výhodou jsou nižší investiční náklady, vzhledem k následnému navrhování dvourubkové soustavy se soustavami jednorubkovými nebudeme dále zabývat.

Teplovodní soustavy lze též dělit z hlediska napojení přípojek. OS podle tohoto hlediska dělíme na:

- vertikální,
- horizontální,
- hvězdicové[3].

Vertikální soustavy se otopná tělesa (dále též OT) připojují přímo na stoupačky, minimalizuje se počet horizontálních rozvodů. U soustav horizontálních naopak minimalizujeme počet

stoupaček. Posledním typem otopných soustav je soustava hvězdicová. Tento typ soustav je charakteristický jednou stoupačkou s rozdělovači v každém patře. Tyto soustavy se používají převážně díky možnosti využití plastů a mědi jako materiálu potrubní sítě[3].

Při volbě materiálu je nutné brát v potaz specifické vlastnosti jednotlivých materiálů. Každý materiál má jiné tepelně-technické vlastnosti. Ocelová potrubí musí být zpravidla větší, to díky větší drsnosti vnitřního povrchu trubek, jsou však mechanicky více odolná. Měď má dobré tepelně-technické vlastnosti, měděné trubky zpravidla mají velmi nízkou drsnost povrchu, tudíž mohou i nižší dimenze přenášet relativně velké výkony. Velkou výhodou je jednoduché spojování měděných trubek[TP1]. Alternativním materiálem mohou být různé plasty, jejich použití je však silně limitováno jejich roztažností a nízkou pevností[3].

#### 4.1.2 Otopná tělesa

Otopná tělesa jsou ve své podstatě výměníky tepla, s tím že zdroj tepla není součástí konstrukce otopného tělesa, tímto se liší od tzv. topidel (krb, kamna, elektrické přímotopy atd.)[3]. Otopná tělesa lze dělit podle několika způsobů, např. podle druhu na:

- tělesa článková,
- tělesa desková,
- tělesa trubková,
- konvektory[3].

Článková tělesa jsou sestavena z článků (rozebíratelným způsobem [3]), čímž je umožněna jistá modulace výkonu tělesa zvětšením teplosměnné plochy. Nejčastěji se vyskytují tělesa litinová a ocelová. Lze však také najít tělesa hliníková, dokonce i plastová[3].

Desková otopná tělesa se vyrábí vytlisováním a následným svařením, tak aby bylo dosaženo vzniku kanálů, ve kterých protéká teplotonosná látka. Na rozdíl od těles článkových lze modulaci výkonu provádět pouze změnou teplotního spádu.

Trubková tělesa, jak název napovídá, jsou vyráběna z trubkových profilů spojovaných do různých tvarů. Vzhledem k tomu že se často používají v koupelnách k sušení, lze se také setkat s označením koupelnové těleso, otopný žebřík (podle častého vzhledu).

Na rozdíl od dosud zmíněných otopných těles je podíl konvekce u konvektorů značně dominantní. Často je podíl radiace u konvektorů nižší jak 10%[3]. Konvektory jsou tvořeny skříní s otvory (tak aby mohl skříní proudit vzduch), ve které se nachází výměník tepla. Přes ten proudí vzduch, a to buď pouze účinkem vztlačky, nebo nuceně s pomocí přídavného ventilátoru. Přidáním ventilátoru dochází k zvýšení výkonu, avšak za cenu zvýšení hluchnosti. Konvektory, zvláště tzv. podlahové se často používají k vytápění místností s prosklenými stěnami, kde při správné instalaci zabráňují kondenzaci vody na skle.

Otopná tělesa jako taková bývají často konstruována v typových řadách, které se od sebe liší pouze v detailech. Typové řady jsou pak vyráběny v řadách velikostních (velikostí je pak dán výkon OT).

Základními vlastnostmi otopných těles jsou tepelný výkon, tlaková ztráta, teplotní exponent aj[3]. Tepelný výkon tělesa je dán součtem tepelných výkonů předávaných konvekcí a radiací. Podíl těchto výkonů je dán konstrukčním řešením daného tělesa[3]. Pro projektanty je

nejpraktičtější používání tzv. jmenovitého tepelného výkonu  $Q_n$ . Tento výkon je stanovený pro dané tělesa za normou stanovených podmínek. Výkon tělesa za podmínek jiných než jsou udávány v normě lze pak získat přepočtením podle vztahu:

$$Q = Q_n \cdot \varphi_{\Delta t} \cdot \varphi_{\delta t} \cdot \varphi_N \cdot \varphi_x \cdot \varphi_o \dots \varphi_n \quad (4.2)$$

kde  $Q$  je výkon tělesa za námi zvolených podmínek, a  $\varphi$  jsou opravné součinitele postupně na:

- teplotní rozdíl,
- ochlazení vody v tělese,
- počet článků,
- připojení tělesa k potrubí,
- na různé zakrytí tělesa,
- na další odlišné podmínky (umístění tělesa v prostoru atd.)[3].

Hodnoty těchto součinitelů lze u většiny klasických otopných těles považovat za obecně platné a lze je získat v různých technických literaturách[3].

Tlakové ztráty otopných těles se určují experimentálně, získanou hodnotou je pak nejčastěji součinitel (hydraulického/místního) odporu  $\xi_T$ . Samotnou tlakovou ztrátu  $\Delta p_z$  OT lze pak získat podle vztahu:

$$\Delta p_z = \xi_T \cdot \rho_w \cdot \frac{w^2}{2} \quad (4.3)$$

kde  $\rho_w$  je hustota teplotního média v  $\text{kg/m}^3$  a  $w$  rychlost média v  $\text{m/s}$  (obvykle na vstupu do tělesa[3]).

#### 4.1.3 Otopné soustavy převážně sálavé

V předchozí kapitole jsme se krátce seznámili s otopnými tělesy, kde je konvekční složka tepelného výkonu nezanedbatelná. Naopak u otopných ploch/těles převážně sálavých počítáme s dominancí radiačního tepelného toku. Otopný systém pak zahřívá místnost tak, že jsou ohřáty ostatní konstrukce, a teprve od nich se konvekcí zahřívá vzduch v místnosti.

Radiace je způsob přenosu tepla pomocí tepelného záření, tedy elektromagnetickým vlněním s vlnovými délkami od 0,78 do 400  $\mu\text{m}$  (převážně infračervená část elektromagnetického spektra)[3].

Sálavé vytápění lze dělit na:

- vytápění závěsnými sálavými panely,
- vytápění pomocí tmavých a světlých zářičů,
- velkoplošné vytápění[3].

Vzhledem k tomu, že vytápění pomocí prvních dvou typů není pro obytné objekty vhodné (uplatňují se převážně v průmyslových halách, v halách sportovišť a v jiných rozlehlých objektech), seznámíme se převážně s velkoplošným sálavým vytápěním.

Otopnou plochu v tomto případě tvoří samotná stavební konstrukce. Velkoplošné vytápění má dlouhou historii (první podlahové vytápění lze nalézt už ve starověkém Římě, a to tzv. Hypocaustum), k největšímu rozmachu však dochází až od osmdesátých let minulého století[3].

Velkoplošné vytápění lze dělit na:

- podlahové,
- stěnové,
- stropní.

Velkoplošné systémy se primárně koncipují jako nízkoteplotní (u podlahového vytápění by neměla překročit teplota povrchu konstrukce  $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3]), hodí se proto pro využívání tepelné energie z nízkopotenciálních zdrojů (např. tepelné čerpadlo). Ty pak většinou ohřívají vodu jako teplotonosnou látku. Setkat se však můžeme i s ohřevem konstrukce pomocí teplého vzduchu nebo s elektrickým ohřevem[3]. S nízkou teplotou je spjat i podíl radiální složky na celkovém tepelném výkonu. Vzhledem k tomu, že u stěnového a stropního vytápění nejsme natolik omezeni maximální povrchovou teplotou, můžeme v těchto dvou případech mluvit o podílu radiální složky i více než 65%[3].

Z důvodu pozdějšího návrhu se budeme v následujícím textu věnovat převážně vytápění podlahovému.

Průběh teplot (spíše jejich prostorové rozložení) velmi dobře respektuje průběh ideální[3]. Nejvyšší teploty se vyskytují u podlahy, s nabývací výškou pak mírně klesají. Ideální horizontální rozložení lze získat návrhem okrajové zóny (šířky max. do 1 m, kde menší rozteče potrubí zajistí větší výkon a přiblížení teplotního profilu k ideálnímu[3].

Pokud bychom provedli řez podlahovým vytápěním, měli bychom vždy naleznout následující konstrukce:

- podlahovou krytinu (laminátové podlahy, keramika, dřevěná podlaha...),
- roznášecí vrstvu (cementové/betonové mazaniny, anhydrid...),
- otopného hada,
- reflexní folii (snižující výkon podlahového vytápění do místnosti pod podlahou),
- hydroizolace,
- tepelněizolační a dilatační pásy,
- izolace tepelné i akustické (kročejové),
- samotnou nosnou konstrukci[3].

V dnešní době se na trhu objevují fólie kombinující hydroizolační i reflexní funkci, výrobci též nabízejí tzv. systémové desky[3]. Ty plní funkci tepelné izolace (nezřídka i funkci hydroizolace a reflexní fólie), často jsou vybaveny prolisy, usnadňují montáž trubek. Z důvodu tepelné roztažnosti systému je nutné, aby plochy jednotlivých okruhů byly maximálně  $40\text{ m}^2$ , ideálně čtvercového tvaru.

Potrubí pro podlahové vytápění mohou být nerezová, měděná, plastová nebo vícevrstvá. Nevýhodou nerezové spojování, které není příliš praktické, nevýhodou čistě plastového potrubí zase jeho roztažnost[3]. Vhodné a hodně používané vícevrstvé trubky kombinují dobrou ohebnost plastu s odolností kovových potrubí, navíc dochází ke snížení délkové roztažnosti.

Je několik způsobů provedení podlahového vytápění, a to:

- suchý způsob (trubky jsou uloženy v izolační vrstvě pod roznášecí mazaninou),
- mokrý způsob (trubky jsou zalité roznášecí mazaninou),
- speciální klima desky aj[3].

Nejčastěji se otopný had tvaruje do plošné spirály (zajišťuje rovnoměrné rozložení teplot nášlapné konstrukce), využívané jsou též tvary jednoduchého a dvojitého meandru.

Výpočty podlahového vytápění vycházejí z:

- tepelné ztráty prostoru,
- tepelné rovnováhy prostoru,
- tepelně technického výpočtu otopné plochy,
- hydraulického výpočtu otopné plochy[3]

Hlavními výstupy výpočtu je měrný tepelný výkon  $q$  při povrchové teplotě  $t_p$ . Ta by neměla překročit limity, které jsou dány fyziologickými omezeními lidského těla. Maximální hodnoty středních povrchových teplot jsou:

- 27 až 28 °C pro místnosti s trvalým výskytem osob (obývací pokoje, kanceláře atd.),
- 30 až 32 °C pro místnosti s občasným výskytem osob (chodba, předsín atd.),
- 32 až 34 °C pro místnosti s předpokladem pohybu bos (koupelny atd.)[3].

Za předpokladu stejných teplot na obou stranách stropu/podlahy lze psát vztah pro  $t_p$ :

$$t_p - t_i = \frac{\Lambda_a}{\alpha_p} \cdot (t_m - t_i) \cdot \frac{t_{gh} (m \cdot \frac{l}{2})}{m \cdot \frac{l}{2}} \quad (4.4)$$

kde  $t_i$  je vnitřní výpočtová teplota v °C,  $t_m$  střední teplota otopného média v °C,  $m$  charakteristické číslo podlahy v m<sup>-1</sup>,  $\Lambda_a$  tepelná propustnost vrstev nad trubkami v W/m<sup>2</sup>·K,  $\alpha_p$  celkový součinitel přestupu tepla na povrchu otopné plochy (zpravidla se počítá s hodnotou 12 W/m<sup>2</sup>·K) a  $l$  je rozteč trubek v metrech. Charakteristické číslo podlahy lze počítat jako:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot (\Lambda_a + \Lambda_b)}{\pi \cdot \lambda_d \cdot d_e}} \quad (4.5)$$

kde je  $\Lambda_b$  tepelná propustnost vrstev pod trubkami v W/m<sup>2</sup>·K,  $\lambda_d$  součinitel tepelné vodivosti materiálu ve kterém jsou zalité trubky v W/m·K a  $d_e$  vnější průměr trubek v m.

Pro měrný tepelný výkon lze pak psát:

$$q = \alpha_p \cdot (t_p - t_i) \quad (4.6)$$

Pro měrný tepelný tok směrem dolů lze při rozdílných teplotách psát:

$$q' = \Lambda_b \cdot \frac{\alpha'_p}{\Lambda_a} \cdot (t_p - t_i) + \Lambda_b \cdot (t_i - t'_i) \quad (4.7)$$



kde  $\alpha'_p$  je součinitel přestupu tepla na spodní straně otopné plochy (zpravidla 8 W/m<sup>2</sup>·K) a  $t_i$  teplota v místnosti pod otopnou plochou v °C. Pokud jsou teploty v místnostech nad a pod stejné, vztah se nám zjednodušuje, jelikož je druhý člen roven 0.

Otopná plocha by měla být tak velká, aby při daném měrném výkonu pokryla tepelnou ztrátu z místnosti  $Q_c$ , lze tedy psát:

$$S_p = \frac{Q_c}{q + q'} \quad (4.8)$$

Konečný výkon podlahového vytápění je pak větší, a to o výkon okrajové plochy, ve které nejsou položeny trubky. Šířka této okrajové plochy je dána vztahem:

$$r = \frac{2,3}{m} \quad (4.9)$$

Výkon okrajové plochy  $Q_o$  je dán vztahem:

$$Q_o = Q_p \cdot \frac{O_p}{S_p} \cdot \frac{0,448 \cdot l}{\tanh\left(m \cdot \frac{l}{2}\right)} \quad (4.10)$$

kde  $Q_p$  je výkon podlahového vytápění ve W,  $O_p$  obvod plochy podlahového vytápění vymezený krajními trubkami v m.

Tlaková ztráta okruhu podlahového vytápění je dána součtem ztrát třením  $\Delta p_\lambda$  a ztrát místními odpory  $\Delta p_\xi$ :

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi \quad (4.11)$$

Tyto vztahy lze najít např. v [3]. Vliv nábytku na nízkých nohách je nezanedbatelný, dochází ke snížení až o 50%. Naopak nábytek na vysokých nohách výkon podlahového vytápění významně neovlivňuje.

K výpočtu podlahového vytápění se běžně používají nomogramy (grafické závislosti mezi vybranými veličinami), v dnešní době návrhové programy např. Techcon.

## 4.2 Návrh těles/podlahového vytápění a potrubní sítě

Vzhledem k velikosti řešeného objektu a odlišným potřebám jednotlivých částí budovy je navrženo rozdělení OS na tři větve zajišťující vytápění samostatných částí budovy. Je navíc navržena větev čtvrtá, která zajišťuje nabíjení ohřevu teplé vody, viz kapitola 5 a dále.

Rozdělení objektu na větve je následující:

- větev zajišťující vytápění obchodní plochy a zázemí v 1. NP
- větev zajišťující vytápění bytů 1+KK
- větev vytápění zbytých bytových jednotek

Na každé větvi je navržen trochu jiný systém vytápění. V následujících podkapitolách je uvedeno řešení každé z nich.

Veškeré potrubí je navrženo s izolací. Tloušťka izolace je volena dle vyhlášky 193/2007 Sb. Všechny rozvody vedené ve volném prostoru jsou opatřeny tepelnou izolací z minerální vlny např. ROCKWOOL PIPO ALS. Rozvody vedené v podlaze izolací z pěnového polyetylenu např. TUBEX. Tloušťky izolací pro měděné potrubí jsou:

pro pěnový polyetylen.

- 15×1,0 mm	13 mm
- 18×1,0 mm	13 mm
- 22×1,0 mm	19 mm
- 28×1,5 mm	25 mm
- 35×1,5 mm	30 mm
- 42×1,5 mm	30 mm

pro izolaci z minerální vlny.

- 15×1,0 mm	20 mm
- 18×1,0 mm	20 mm
- 22×1,0 mm	20 mm
- 28×1,5 mm	30 mm
- 35×1,5 mm	30 mm
- 42×1,5 mm	40 mm

Uvedené hodnoty jsou minimální možné.

Připojení zdroje tepla k rozdělovači je navrženo z ocelových trubek bezešvých. DN 50 izolovat minimálně 50mm minerální vlny. Více o zapojení a zařízeních viz kapitola Návrh vybavení technické místnosti.

OT jsou navržena po konzultaci s investorem, desková tělesa jsou volena pro minimální obsah vody a rychlou dynamiku topení, podlahové vytápění je voleno přímo na přání investora.

#### 4.2.1 Větev vytápění 1. NP

Tato větev bude zajišťovat vytápění obchodního prostoru včetně přilehlých prostor (zázemí pro zaměstnance, sklad atd.). Vytápěné místnosti jsou následující:

- zásobování (107.1)	$\theta_{int,i} = 15\text{ °C}$
- sklad + dílna (107.3)	$\theta_{int,i} = 15\text{ °C}$
- denní místnost (107.4)	$\theta_{int,i} = 21\text{ °C}$
- předsíň WC (107.5)	$\theta_{int,i} = 15\text{ °C}$
- WC (107.6)	$\theta_{int,i} = 20\text{ °C}$
- sprcha (107.7)	$\theta_{int,i} = 24\text{ °C}$
- kancelář (107.8)	$\theta_{int,i} = 21\text{ °C}$
- prodejní plocha (107.9)	$\theta_{int,i} = 21\text{ °C}$

Pro většinu vytápěných místností je navrženo vytápění deskovými otopnými tělesy typu ventil kompakt. Pouze ve sprše je navržen koupelnový žebřík. Jako teplotní spád okruhu je volen 60/45 °C. Pro tento spád jsou navržena tělesa dle Tab. 4.2

Tab. 4.2 Navržená OT pro větev vytápění 1. NP

Č. M. [-]	$\Phi_{HLm}$ [W]	navržená OT	Výkon OT [W]	Výkon v místnosti [W]
<b>107.1</b>	2273	22-050140-VK	1385	2572
		22-050120-VK	1187	
<b>107.3</b>	2102	22-050120-VK	1187	2374
		22-050120-VK	1187	
<b>107.4</b>	1017	22-050140-VK	1097	1097
<b>107.5</b>	0	Nevytápěno		
<b>107.6</b>	103	10-050040-VK	117	117
<b>107.7</b>	351	KRCM 1220.750	367	367
<b>107.8</b>	623	21-050110-VK	665	665
<b>107.9</b>	7384	22-050160-VK	1255	8785
		22-050160-VK	1255	
		22-050160-VK	1255	
		22-050160-VK	1255	
		22-050160-VK	1255	
		22-050160-VK	1255	
		22-050160-VK	1255	

Otopná tělesa jsou navržena s rezervou na jejich tepelném výkonu. Ta je navržena s ohledem na umístění těles (nejsou umístěna pod okny), tudíž je předpoklad snížení výkonu o několik procent, dle vztahu 4.2.

Jako materiál potrubí je volena měď (dobré tepelně technické vlastnosti, nižší tlakové ztráty), spojovaná pájením, připojení armatur závitové. Tento materiál je volen u všech větví OS.

Součástí této větve je též přívod teplé vody k předehřevu plánované rekuperační jednotky s předpokládaným potřebným výkonem 4 kW. Vypočet dimenzí potrubí a tlakových ztrát viz kapitola Hydraulické vyvážení OS. Navržené trasy potrubní sítě viz PD.

#### 4.2.2 Větev vytápění bytů 1+KK

Další větev zajišťuje vytápění dvanácti BJ dispozice 1+KK v 2. a 3. NP, skládajících se vždy z:

- pokoje s KK (204.3 až 209.3 a 304.3 až 309.3)  $\theta_{int,i} = 21\text{ °C}$
- koupelny (204.2 až 209.2 a 304.2 až 309.2)  $\theta_{int,i} = 24\text{ °C}$
- předsíně (204.1 až 209.1 a 304.1 až 309.1)  $\theta_{int,i} = 15\text{ °C}$

Je navržena otopná větev s nuceným oběhem, pracující se spádem 60/45 °C. Pro pokoje s KK jsou navržena desková tělesa typu ventil kompakt. Ta jsou umístěna pod okny, tak aby se eliminoval vliv oken na tepelnou pohodu uživatele. Vytápění koupelen je zajištěno pomocí

elektrických topných rohoží s maximálním výkonem 100 W/m<sup>2</sup> (na přání investora). Převážně k sušení jsou instalována koupelnová otopná tělesa („žebříky“).

Je nutno poznamenat, že kombinování elektrického vytápění s trubkovým tělesem není optimální řešení. Vhodnější řešení by mohlo být například návrh jedné smyčky podlahového vytápění, která by byla na OS napojena pomocí RTL ventilu. Alternativou by mohl být společný rozdělovač pro koupelny na jednom patře, avšak u tohoto provedení by mohl nastat problém s měřením spotřeby tepla a jejich následným rozúčtováváním. Navržená OT viz Tab. 4.3.

Tab. 4.3 Navržená OT pro větev Otopná tělesa byty

Č. M. [-]	$\Phi_{HLm}$ [W]	navržená OT	Výkon OT [W]	Výkon v místnosti [W]
<b>204.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>204.2</b>	426	KRCM 1500.450	295	295
<b>204.3</b>	1151	22-050160-VK	1255	1255
<b>205.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>205.2</b>	432	KRCM 1500.450	295	295
<b>205.3</b>	695	21-050120-VK	726	726
<b>206.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>206.2</b>	432	KRCM 1500.450	295	295
<b>206.3</b>	695	21-050120-VK	726	726
<b>207.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>207.2</b>	432	KRCM 1500.450	295	295
<b>207.3</b>	695	21-050120-VK	726	726
<b>208.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>208.2</b>	432	KRCM 1500.450	295	295
<b>208.3</b>	695	21-050120-VK	726	726
<b>209.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>209.2</b>	432	KRCM 1500.450	295	295
<b>209.3</b>	763	21-050140-VK	846	846
<b>304.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>304.2</b>	485	KRCM 1500.450	295	295
<b>304.3</b>	1163	22-050160-VK	1255	1255
<b>305.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>305.2</b>	490	KRCM 1500.450	295	295
<b>305.3</b>	708	22-050120-VK	726	726
<b>306.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>306.2</b>	490	KRCM 1500.450	295	295
<b>306.3</b>	708	21-050120-VK	726	726
<b>307.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>307.2</b>	490	KRCM 1500.450	295	295
<b>307.3</b>	708	21-050120-VK	726	726
<b>308.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>308.2</b>	490	KRCM 1500.450	295	295

<b>308.3</b>	708	21-050120-VK	726	726
<b>309.1</b>	0	Nevytápěno		
<b>309.2</b>	490	KRCM 1500.450	295	295
<b>309.3</b>	807	21-050140-VK	846	846

Tato větev je navržena jako vertikální soustava se spodním rozvodem. Každé dva byty nad sebou jsou napojeny na jednu stoupačku. Na patě těchto stoupaček jsou instalovány uzavírací a vypouštěcí armatury a vyvažovací ventil. Spodní rozvod je veden v podhledu s akusticky tlumícími účinky obchodní plochy v 1. NP a části zásobování. Dimenze jsou i přesto navrženy tak aby rychlost proudění nepřesahovala 1 m/s, tudíž by nemělo docházet k vývinu hluku při proudění teplonosného média. Vypočet dimenzí potrubí a tlakových ztrát viz kapitola Hydraulické vyvážení OS. Navržené trasy potrubní sítě viz PD.

#### 4.2.3 Větev vytápění zbylých BJ

Pro vytápění zbylých jedenácti bytových jednotek je navrženo podlahové vytápění. To je voleno z hlediska ideálního rozložení teplot v místnosti a dobrého tepelného komfortu. Je navrženo 11 samostatných rozdělovačů se skříní pro zazdění do zdi, tedy pro každý byt jeden.

Ruční výpočet podlahového vytápění (i s použitím nomogramů) je nepraktický, v dnešní době jsou na trhu i volně přístupné softwary (např. Techcon), které jsou kromě výpočtů podlahového vytápění navíc schopny vykreslit orientační trasy smyček podlahového vytápění. Z tohoto důvodu je celý výpočet podlahového vytápění proveden právě v softwaru Techcon (viz příložený soubor .ctf).

Společné parametry podlahového vytápění pro BJ:

- teplota přívodní vody je udržována na 42 °C
- systémová deska: Nopový systém R982Q
- trubky smyček podlahového vytápění: PEX-AL-PEX 16x2,0 mm
- maximální délka okruhu 120 m (při delších smyčkách by mohlo dojít k přílišnému ochlazení topné vody a k navýšení tlakových ztrát)
- maximální tlaková ztráta okruhu 10kPa

Pro tyto parametry jsou navrhnuty následující rozdělovače:

- **BJ 210:** příkon 3785 W; průtok 336,5 kg/h; potřebný dispoziční tlak 7014 Pa
- **BJ 211:** příkon 2827 W; průtok 246,4 kg/h; potřebný dispoziční tlak 4466 Pa
- **BJ 212:** příkon 3059 W; průtok 254,1 kg/h; potřebný dispoziční tlak 7193 Pa
- **BJ 213:** příkon 2723 W; průtok 225,2 kg/h; potřebný dispoziční tlak 2749 Pa
- **BJ 310:** příkon 3707 W; průtok 353,8 kg/h; potřebný dispoziční tlak 9114 Pa
- **BJ 311:** příkon 2977 W; průtok 274,4 kg/h; potřebný dispoziční tlak 4516 Pa
- **BJ 312:** příkon 3172 W; průtok 287,2 kg/h; potřebný dispoziční tlak 6688 Pa
- **BJ 313:** příkon 2704 W; průtok 329,0 kg/h; potřebný dispoziční tlak 6188 Pa
- **BJ 404:** příkon 5060 W; průtok 615,8 kg/h; potřebný dispoziční tlak 9627 Pa
- **BJ 405:** příkon 3937 W; průtok 357,5 kg/h; potřebný dispoziční tlak 9716 Pa
- **BJ 406:** příkon 3131 W; průtok 632,6 kg/h; potřebný dispoziční tlak 9967 Pa

Přesné parametry viz příložený soubor Celková bilance podlahového vytápění.

Parametry smyček podlahového vytápění viz výkresová dokumentace.

Koupelnová otopná tělesa na této větvi jsou navrhována pouze na sušení textilií, z tohoto důvodu budou instalována s elektrickou topnou tyčí, která bude ovládána tlačítkem. Veškerý výkon potřebný k vytápění koupelen pokrývá koupelnová smyčka podlahového vytápění.

### 4.3 Hydraulické vyvážení OS

Návrh OT a podlahového vytápění je proveden pomocí programu Techcon.

Základem pro hydraulické vyvážení OS je stanovení vhodných dimenzí potrubí a následný výpočet tlakových ztrát. Pro praktickou ukázkou je uveden výpočet potřebných veličin pro vybraný úsek na větvi vytápění 1. NP. Výpočet všech úseků daných větví viz příloha 3. - Hydraulický výpočet jednotlivých částí potrubí.

Větev 1. NP – úsek 1 (od rozdělovače/sběrače po první rozdělení)

Parametry vstupující do výpočtu:

- výkon přenášený tímto úsekem je 19978 W
- teplotní spád větve 60/45 °C (charakteristická teplota 52,5 °C)
- materiál potrubí měď (drsnost potrubí  $k = 0,0015 \text{ mm}$  [6])
- délka úseku je 14,56 m

Pro průtok média platí vztah:

$$\dot{m} = \frac{Q}{1,163 \cdot (\Delta t)} \quad (4.12)$$

Dle vztahu 4.12 je průtok úsekem 1 roven:

$$\dot{m} = \frac{19978}{1,163 \cdot (15)} = 1145,2 \text{ kg/h}$$

Je-li navrženo potrubí vnitřního průměru 32 mm pak:

$$w = \frac{\dot{m}}{S} = \frac{1145,2 \cdot 0,001}{\pi \cdot 0,032^2 \cdot 0,25} = 0,396 \text{ m/s}$$

Tato hodnota vyhovuje hodnotám ekonomických rychlostí dle tabulky 4.1.

Hodnoty kinematické viskozity a hustoty lze přibližně určit dle vztahů uvedených v [7].

Dle těchto vztahů jsou hodnoty hustoty a kinematické viskozity rovny:

- $\rho = 986,83 \text{ kg/m}^3$
- $\nu = 5,3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

Jakmile máme známou hodnotu kinematické viskozity lze spočítat Reynoldsovo číslo a to podle vztahu:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (4.13)$$

Pro úsek 1 lze psát:

$$Re = \frac{0,396 \cdot 32}{5,3 \cdot 10^{-7}} = 23888,3$$

Pro výpočet součinitele tření se ve vytápění často používá Colebrookova rovnice, tu lze dle [7] psát jako:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3,71 \cdot d} \right) \quad (4.14)$$

Nevýhodou tohoto vztahu je potřeba iterování. Po několika iteracích se hodnota součinitele tření ustálila na hodnotě  $\lambda = 0,0249$ .

Pro tlakovou ztrátu pak platí vztah:

$$\Delta p_z = \Delta p_\lambda + \Delta p_\xi = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \quad (4.15)$$

Pro úsek 1 lze psát:

$$\Delta p_z = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = \left( 0,0249 \cdot \frac{14,56}{0,032} + 4,7 \right) \cdot \frac{0,396^2}{2} \cdot 986,83 = 1237,5 \text{ Pa}$$

Výpočet tlakových ztrát pro ostatní úseky viz příloha č. 3.

#### 4.3.1 Hydraulické vyvážení větve Vytápění 1. NP

Jako měřicí místo je na rozdělovači navržena armatura Hydrocontrol VTR DN25 s tlakovou ztrátou 4 kPa (nastavení 4,4). Pro samotné zaregulování otopné větve jsou použity:

- Integrovaný ventil u deskových těles
- Připojovací armatura "Multiblock T" pro koupelnové těleso ve sprše
- Smyčkový regulační ventil "Hycoccon VTZ" DN 20 pro připojení rekuperační jednotky

Hydraulické zaregulování spočívá ve výpočtu celkové tlakové ztráty okruhů jednotlivých těles následovaném určení okruhu s nejvyšší tlakovou ztrátou. U tohoto tělesa je nastaven ventil na plné otevření (nejmenší tlakovou ztrátu) a na ztrátu okruhu + ztrátu regulačního členu jsou zaregulována všechna ostatní tělesa/zařízení.

Pro návrh nastavení připojovací armatury Multiblock T a regulačních ventilů Hydrocontrol a Hycoccon byl použit online návrh společnosti OVENTROP. Lze najít zde [8].

Nastavení TRV a regulačních armatur viz Tab. 4.4.

Tab. 4.4 Nastavení TRV a regulačních armatur pro zaregulování větve Vytápění 1. NP

Otopné těleso	úseky	průtok otopným tělesem	celková tlaková ztráta	stupeň nastavení TRV / RA	tlaková ztráta TRV / RA	celková tlaková ztráta
<b>107.1 22-050140-VK</b>	23, 22, 1	79,392 kg/h	8882,5655 Pa	3,8	4800 Pa	13682,566 Pa
<b>107.1 22-050120-VK</b>	30, 24, 22, 1	68,042 kg/h	9524,6277 Pa	3,5	4100 Pa	13624,628 Pa
<b>107.9 22-050160-Vk</b>	26, 25, 24, 22, 1	71,940 kg/h	9578,0746 Pa	3,5	4100 Pa	13678,075 Pa
<b>107.9 22-050160-Vk</b>	28, 27, 25, 24, 22, 1	71,940 kg/h	9683,4289 Pa	3,6	4000 Pa	13683,429 Pa
<b>107.9 22-050160-Vk</b>	29, 27, 25, 24, 22, 1	71,940 kg/h	10181,7 Pa	3,9	3500 Pa	13681,7 Pa
Rekuperační jednotka	21, 2, 1	229,292 kg/h	7629,9613 Pa	1	6050 Pa	13679,961 Pa
<b>107.3 22-050120-VK</b>	4, 3, 2, 1	68,042 kg/h	8382,364 Pa	2,9	5300 Pa	13682,364 Pa
<b>107.3 22-050120-VK</b>	6, 5, 3, 2, 1	68,042 kg/h	9157,8863 Pa	3,5	4500 Pa	13657,886 Pa
<b>107.7 KRTM 1220.745</b>	8, 7, 5, 3, 2, 1	21,038 kg/h	9430,0335 Pa	2	4250 Pa	13680,034 Pa
<b>107.4 22-050140-Vk</b>	10, 9, 7, 5, 3, 2, 1	62,883 kg/h	10941,106 Pa	3,6	2740 Pa	13681,106 Pa
<b>107.8 21-050110-VK</b>	12, 11, 9, 7, 5, 3, 2, 1	38,120 kg/h	11454,676 Pa	1,8	2200 Pa	13654,676 Pa
<b>107.9 22-050160-Vk</b>	15, 14, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 2, 1	71,940 kg/h	11962,583 Pa	5,8	1700 Pa	13662,583 Pa
<b>107.9 22-050160-Vk</b>	16, 14, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 2, 1	71,940 kg/h	12509,808 Pa	7,5	1150 Pa	13659,808 Pa
<b>107.9 22-050160-Vk</b>	18, 17, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 2, 1	71,940 kg/h	12289,847 Pa	7,2	1390 Pa	13679,847 Pa
<b>107.5 10-050040- VK</b>	19, 31, 17, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 2, 1	6,764 kg/h	12198,082 Pa	1	1490 Pa	13688,082 Pa
<b>107.9 22-050160-Vk</b>	20, 31, 17, 13, 11, 9, 7, 5, 3, 2, 1	71,940 kg/h	12838,709 Pa	8	850 Pa	13688,709 Pa

Výpočet lze najít v příloženém souboru typu .xls.

#### 4.3.2 Hydraulické vyvážení větve Otopná tělesa byty

Analogicky se zaregulováním první větve je provedeno zaregulování větve Otopná tělesa byty. Na rozdělovači je taktéž instalována regulační armatura Hydrocontrol VTR DN20. Pro zjednodušení provoz jsou navíc vyváženy stoupačky vedoucí k jednotlivým BJ, a to pomocí

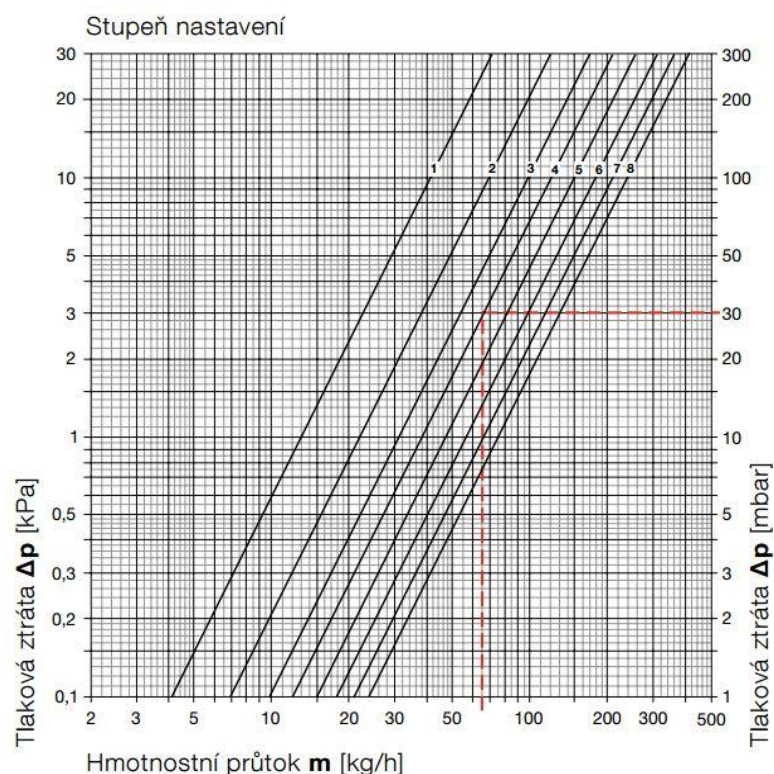


regulační armatury Hydrocontrol VTR (vyvažovací ventil s možností měření). Nastavení jednotlivých armatur viz Tab. 4.5.

Tab. 4.5 Nastavení vyvažovacích ventilů Hydrocontrol včetně tlakových ztrát

Vyvažovací ventil (měřicí místo)	Regulovaný průtok	tlaková ztráta k místu VV	Diferenční tlak na VV	Dimenze	Hodnota $k_v/k_{vs}$	Nastavení armatury	Otevření armatury	tlaková ztráta včetně VV
	m (kg/h)	(Pa)	$p_{dif}$ (Pa)	(-)	(-)	(-)	(%)	(Pa)
Rozdělovač	776,727	0	3000	DN20	4,52/5,71	5,7	81,45	3000
S1	177,701	8436,162	4494,009	DN15	0,85/3,88	2,2	32,14	12930,17
S2	117,054	8439,201	4490,969	DN15	0,56/3,88	1,5	20,78	12930,17
S3	117,054	9116,395	3813,776	DN15	0,60/3,88	1,6	22,86	12930,17
S4	117,054	9212,785	3717,385	DN15	0,67/3,88	1,8	26,19	12930,17
S5	117,054	9754,859	3175,311	DN15	0,66/3,88	1,8	25,71	12930,17
S6	130,811	9930,170	3000	DN15	0,76/3,88	2,1	29,37	12930,17

Následné doregulování otopné větve je provedeno pouze integrovaným ventilem u deskových těles a přípojovací armaturou "Multiblock T" pro koupelnové tělesa.



**Obr. 4.1:** Návrh přednastavení integrovaných ventilů (převzato z[9])

Doregulování větve Otopná tělesa byty viz tabulka 4.6.

Tab. 4.6 Nastavení regulačních armatur větve Otopná tělesa byty.

Otopné těleso	úseky	průtok otopným tělesem	celková tlaková ztráta	stupeň nastavení TRV / RA	tlaková ztráta TRV / RA	celková tlaková ztráta
<b>204.2 KTRM 1500.445</b>	15, 14, 13, 1	16,910 kg/h	13553,668 Pa	2	1940 Pa	15493,67 Pa
<b>204.3 22-050160-VK</b>	16, 14, 13, 1	71,940 kg/h	14281,403 Pa	6,9	1200 Pa	15481,4 Pa
<b>304.2 KTRM 1500.445</b>	18, 17, 13, 1	16,910 kg/h	13919,907 Pa	2	1570 Pa	15489,91 Pa
<b>304.3 22-050160-VK</b>	19, 17, 13, 1	71,940 kg/h	14647,642 Pa	8	850 Pa	15497,64 Pa
<b>205.3 21-050120-VK</b>	22, 21, 20, 2, 1	41,617 kg/h	13528,857 Pa	2,8	1960 Pa	15488,86 Pa
<b>205.2 KTRM 1500.445</b>	23, 21, 20, 2, 1	16,910 kg/h	13228,083 Pa	2	2269 Pa	15497,08 Pa
<b>305.3 21-050120-VK</b>	25, 24, 20, 2, 1	41,617 kg/h	13705,993 Pa	2,9	1790 Pa	15495,99 Pa
<b>305.2 KTRM 1500.445</b>	26, 24, 20, 2, 1	16,910 kg/h	13405,219 Pa	2	2090 Pa	15495,22 Pa
<b>206.2 KTRM 1500.445</b>	29, 28, 27, 3, 2, 1	16,910 kg/h	13117,335 Pa	2	2380 Pa	15497,34 Pa
<b>206.3 21-050120-VK</b>	30, 28, 27, 3, 2, 1	41,617 kg/h	13392,004 Pa	2,6	2100 Pa	15492 Pa
<b>306.2 KTRM 1500.445</b>	32, 31, 27, 3, 2, 1	16,910 kg/h	13294,471 Pa	2	2200 Pa	15494,47 Pa
<b>306.3 21-050120-VK</b>	33, 31, 27, 3, 2, 1	41,617 kg/h	13569,140 Pa	2,8	1900 Pa	15469,14 Pa
<b>207.3 21-050120-VK</b>	36, 35, 34, 4, 3, 2, 1	41,617 kg/h	13417,250 Pa	2,7	2080 Pa	15497,25 Pa
<b>207.2 KTRM 1500.445</b>	37, 35, 34, 4, 3, 2, 1	16,910 kg/h	13116,489 Pa	2	2380 Pa	15496,49 Pa
<b>307.3 21-050120-VK</b>	39, 38, 34, 4, 3, 2, 1	41,617 kg/h	13594,386 Pa	2,8	1900 Pa	15494,39 Pa
<b>307.2 KTRM 1500.445</b>	40, 38, 34, 4, 3, 2, 1	16,910 kg/h	13293,625 Pa	2	2200 Pa	15493,62 Pa
<b>208.2 KTRM 1500.445</b>	43, 42, 41, 5, 4, 3, 2, 1	16,910 kg/h	13117,335 Pa	2	2380 Pa	15497,34 Pa
<b>208.3 21-050120-VK</b>	44, 42, 41, 5, 4, 3, 2, 1	41,617 kg/h	13211,648 Pa	2,5	2250 Pa	15461,65 Pa
<b>308.2 KTRM 1500.445</b>	46, 45, 41, 5, 4, 3, 2, 1	16,910 kg/h	13157,494 Pa	2	2340 Pa	15497,49 Pa

<b>308.3 21-050120-VK</b>	47, 45, 41, 5, 4, 3, 2, 1	41,617 kg/h	13251,807 Pa	2,5	2240 Pa	15491,81 Pa
<b>209.3 21-050140-VK</b>	8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1	48,495 kg/h	13557,254 Pa	3,5	1925 Pa	15482,25 Pa
<b>209.2 KTRM 1500.445</b>	9, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1	16,910 kg/h	13156,589 Pa	2	2340 Pa	15496,59 Pa
<b>309.3 21-050140-VK</b>	11, 10, 6, 5, 4, 3, 2, 1	48,495 kg/h	13772,010 Pa	3,8	1700 Pa	15472,01 Pa
<b>309.2 KTRM 1500.445</b>	12, 10, 6, 5, 4, 3, 2, 1	16,910 kg/h	13371,346 Pa	2	2120 Pa	15491,35 Pa

Výpočet lze najít v příloženém souboru typu .xls.

### 4.3.3 Hydraulické vyvážení větve Podlahové vytápění

Zaregulování větve podlahového vytápění je provedeno pouze pomocí vyvažovacích ventilů. Ty jsou umístěny na vratném potrubí z přípojek k rozdělovačům. Jako u všech ostatních větví je vyvažovací ventil navržen i na rozdělovači jako měřící místo.



**Obr. 4.2:** Regulační armatura (vyvažovací ventil) Hydrocontrol VTR (převzato z[10])

Aby do všech smyček podlahového vytápění tekly navrhnuté průtoky, je nutné při výpočtu zahrnout i potřebné dispoziční tlaky pro rozdělovač podlahového vytápění. Pokud by tak nebylo učiněno, voda by se nedostala do posledního patra, které má kromě nejdelších přípojek i největší potřebné dispoziční tlaky.

Hodnoty nastavení vyvažovacích ventilů a jejich tlakové ztráty pro zaregulování větve podlahového vytápění viz Tab 4.7.

Tab. 4.7 Nastavení vyvažovacích ventilů větve Podlahové vytápění

VV (měřicí místo)	průtok	$\Delta p_z$ k místu VV	$P_{disp}$ pro R. PV	Diferenč ní tlak na VV	DN	Hodnota $k_v/k_{vs}$	Nast. armatury	Otevření armatury	$\Delta p_z$ včetně VV
	m (kg/h)	(Pa)	(Pa)	$p_{dif}$ (Pa)	(-)	(-)	(-)	(%)	(Pa)
Rozdělov ač	3911,0	0,0	0,0	3000,0	DN40	22,77/27,5 1	7,1	71,3	3000,0
BJ210	337,0	30113,7	7010,0	7754,6	DN15	1,22/3,88	2,8	40,5	44878,3
BJ211	246,0	30916,8	4470,0	9491,5	DN15	0,80/3,88	2,2	30,8	44878,3
BJ212	254,0	31958,9	7190,0	5729,4	DN15	1,07/2,88	2,6	37,5	44878,3
BJ213	225,0	32043,8	2750,0	10084,5	DN15	0,71/2,88	2,0	28,1	44878,3
BJ310	354,0	30641,5	9110,0	5126,8	DN15	1,58/3,88	3,3	47,6	44878,3
BJ311	274,0	31579,1	4520,0	8779,2	DN15	0,93/3,88	2,4	34,3	44878,3
BJ312	287,0	31958,9	6680,0	6239,4	DN15	1,16/3,88	2,8	39,3	44878,3
BJ313	329,0	31453,5	6190,0	7234,8	DN15	1,23/3,88	2,8	40,7	44878,3
BJ404	616,0	22816,2	9630,0	12432,1	DN20	1,76/5,71	3,2	45,5	44878,3
BJ405	356,0	25976,5	9710,0	9191,8	DN15	1,18/3,88	2,8	39,7	44878,3
BJ406	633,0	31918,3	9960,0	3000,0	DN20	3,69/5,71	5,0	71,9	44878,3

Pozn.: R. PV – rozdělovač podlahového vytápění, VV – vyvažovací ventil.

## 5 NÁVRH PŘÍPRAVY TV

Nedílnou součástí většiny projektů ústředního vytápění je návrh přípravy teplé (užitkové) vody (dále také TV), která primárně slouží k:

- mytí osob a umívání předmětů,
- praní,
- úklidu[3].

Zatím co studenou vodu lze po připojení objektu k vodovodní soustavě využít prakticky okamžitě, teplou vodu musíme lokálně připravit. V této kapitole je uveden teoretický základ pro řešení přípravy TV, následně pak praktický příklad ohřevu na řešeném objektu.

### 5.1 Uvedení do tématu

Základním normativním předpisem pro navrhování přípravy teplé užitkové vody je norma „ČSN 06 0320 Tepelné soustavy v budovách – Příprava teplé vody – Navrhování a projektování“. Tato norma slouží k projektování zařízení, které je použito k přípravě TV. Samotné rozvody studené a teplé vody (včetně cirkulace) se navrhují pomocí norem jiných[11]. Výše uvedená norma poskytuje podklady k návrhu ohřevu TV pro např.:

- obytná zařízení (trvalá i dočasná),
- stavby občanské vybavenosti jako jsou školy, zázemí obchodních prostor, sportovišť či podniků,
- nemocnic nebo jiných zdravotnických zařízení[3].

Úkolem projektanta tepelných soustav je stanovení potřeby tepla na ohřev TV během jedné periody (den u bytových objektů, směna u pracovišť), typ a velikost ohřívacího zařízení a zásobníku TV, hydraulické vlastnosti okruhu zajišťujícího přípravu TV a parametry regulačních armatur[11].

Teplou vodou je rozuměna taková voda, která splňuje požadavky uvedené v normě ČSN 83 0616[3]. Teplota teplé vody se standardně uvažuje 55°C. Je též základním požadavkem na ohřívací zařízení, aby tato teplota byla v místě odběru. Z praktického hlediska musí být toto zařízení přístupné pro obsluhu či servis.

V praxi je pak několik dělení způsobů ohřevu TV:

- přímé (směšování s vodní parou) × nepřímé (využití teplosměnné plochy),
- lokální × ústřední,
- zásobníkové × průtočné × kombinované[11].

Ústřední příprava teplé vody je používána např. ve městských oblastech, které jsou většinou připojeny na soustavy centrálního zásobování teplem (CZT). Výhodou lokální přípravy jsou zpravidla nižší ztráty tepla, jelikož je TV dopravována na mnohonásobně kratší vzdálenosti oproti CZT.

Norma ČSN 06 0320 se také věnuje armaturám. Připojovací potrubí musí být opatřena uzavírací armaturou. Cirkulační potrubí a přívod studené vody je vhodné osadit filtrem, pokud nelze zajistit čistotu vody jiným způsobem[11].

### 5.1.1 Navrhování

Základním předpokladem pro výpočty jsou teploty TV před výtakovou armaturou ( $\theta_3$ ) a teplota studené ( $\theta_1$ ) vody. Norma uvádí hodnoty  $\theta_1 = 10\text{ °C}$  a  $\theta_3 = 55\text{ °C}$ . Jiné teploty jsou možné, ale výpočet je pak nutný korigovat. Další základním údajem je potřeba TV pro mytí osob, nádobí a úklid  $V_{2P}$  v  $\text{m}^3$ . Tato hodnota je dána vztahem:

$$V_{2P} = V_o + V_j + V_u \quad (5.1)$$

kde  $V_o$  je potřebné množství TV pro mytí osob,  $V_j$  totéž pro mytí nádobí a  $V_u$  potřeba TV na mytí podlah, vše v  $\text{m}^3$ [11]. Tento a níže uvedené vztahy jsou uvedeny v [11]. Zjistit přesné množství potřebné vody je obtížné, při rekonstrukci je vhodné použít dosavadních hodnot odběrů. Norma [11] ve své příloze C udává informativní hodnoty, které lze použít. Např. pro stavby na bydlení udává množství  $V_{2P}$  na jednu osobu za jednu periodu  $0,082\text{ m}^3$ .

Dále je potřeba stanovit teplo dodané a odebrané z ohřívače. Teplo odebrané z ohřívače v TV  $Q_{2P}$  je dáno součtem samotného odebraného tepla  $Q_{2t}$  a tepla ztraceného při ohřevu a distribuci v rozvodech  $Q_{2z}$  dle vztahu 5.2:

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} \quad (5.2)$$

kde všechny hodnoty jsou dosazovány v kWh.

Odebrané teplo lze stanovit dle vztahu 5.3:

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1) \quad (5.3)$$

kde:  $c$  je měrná tepelná kapacita vody v  $\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$   $V_{2P}$  potřeba TV za danou periodu v  $\text{m}^3$ ,  $\theta_2$  teplota teplé vody ve  $^{\circ}\text{C}$  (předpokládá se  $\theta_2 = \theta_3$ , tedy  $55\text{ °C}$ ) a  $\theta_1$  teplota studené vody ve  $^{\circ}\text{C}$ .

Ztrátové teplo lze určit ze vztahu 5.4:

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \quad (5.4)$$

kde  $z$  je koeficient zohledňující ztráty při distribuci, u lokálního ohřevu lze počítat s hodnotou součinitele 0,5.

Tepla dodaná a odebraná by se na konci periody měly rovnat, tudíž lze psát:

$$Q_{1P} = Q_{2P} \quad (5.5)$$

kde  $Q_{1P}$  je teplo dodané ohřívačem. Dále je nutné stanovit křivky odběru TV a křivky odběru a dodávky tepla. Křivku odběru TV lze většinou použít standartní, která zohledňuje večerní špičku v odběru. Křivky odběru a dodávky tepla se pak stanoví výpočtem výše uvedených vztahů pro některé časy periody[11].

Velikost objemu zásobníku, který musí pojmout maximální rozdíl mezi dodaným a odebraným teplem, lze stanovit dle vztahu 5.6:

$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad (5.6)$$

kde  $V_z$  je objem zásobníku v  $m^3$ ,  $\Delta Q_{max}$  maximální možný rozdíl mezi teplem  $Q_1$  a  $Q_2$  v kWh.

Potřebný výkon pro zásobníkový ohřev lze spočítat ze vztahu 5.7, který je vyjádřením největšího sklonu křivky dodávky tepla:

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t}\right)_{max} \quad (5.7)$$

## 5.2 Výpočet přípravy TV pro řešený objekt

Cílem je navrhnout nepřímý ohřívání zásobník TV, který zajistí dostatek teplé vody pro obyvatele řešeného objektu. Jsou uvažovány následující parametry:

- Počet osob v objektu  $n = 42$  (v obytné části, vzhledem k předpokládanému ukončení provozu obchodních ploch před večerní špičkou není tato hodnota navyšována o zázemí obchodních ploch)
- Teploty teplé, resp. studené vody 55 resp. 10 °C
- Potřeba TV na osobu 0,045  $m^3$  ([12] uvádí, že normová hodnota je značně nadsazená a reálné potřeby se pohybují mezi 40 až 50 litry).

Odebrané teplo stanovíme dle vztahu 5.3:

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2p} \cdot (\theta_2 - \theta_1) = 1,163 \cdot 42 \cdot 0,045 \cdot (55 - 10)$$

$$Q_{2t} = 98,91 \text{ kWh}$$

Teplo ztrátové dle vztahu 5.4

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z = 98,91 \cdot 0,5 = 49,46 \text{ kWh}$$

Potřeba tepla odebraného z ohříváče (zároveň teplo dodané) je pak:

$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} = 98,91 + 49,46 = 148,37 \text{ kWh} = Q_{1p}$$

Je uvažováno standartní křivky odběru TV, tedy 0-5 hod bez odběru, 5-17 hod 35% z celkového odběru TV, 17-20 hod 50% a 20-24 hod zbylých 15%. Z tohoto průběhu jsou stanoveny křivky dodávky a odběru tepla, vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 5.1. Samotné křivky jsou uvedeny v Obr. 5.1.

Maximální možný rozdíl mezi dodaným a odebraným teplem je daný 17 hodinou. Od tohoto rozdílu lze ještě odečíst nedostatek tepla ve 20 hodině, který je právě zásobníkem dorovnán:

$$\Delta Q_{max} = (105,1 - 51,9) - (129,1 - 123,6) = 50,7 \text{ kWh}$$

Objem zásobníku je pak:

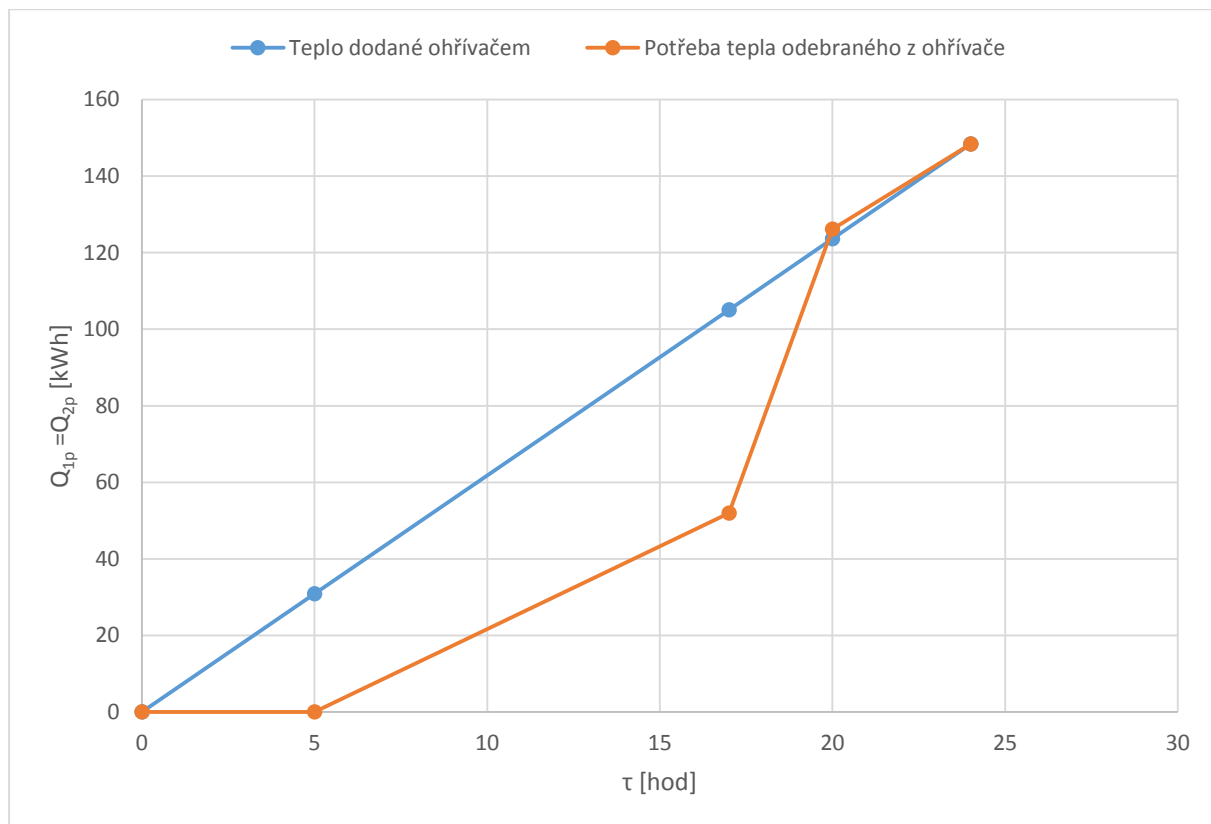
$$V_z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{50,7}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,969 \text{ m}^3$$

Potřebný výkon nabíjecího okruhu:

$$\Phi_{1n} = \frac{Q_{1P}}{24} = \frac{148,37}{24} = 6,18 \text{ kW}$$

Tab. 5.1 Hodnoty pro křivky dodávky a odběru tepla

čas $\tau$ (hod)	potřeba TV $V_{2P}$ (m3)	Teplo dodané $Q_{1p}$ (kWh)	Teplo odebrané $Q_{2p}$ (kWh)
0	0,000	0,000	0,000
5	0,000	30,910	0,000
17	0,662	98,913	51,929
20	1,607	123,641	126,114
24	1,890	148,370	148,370



**Obr. 5.1:** Křivka dodávky a odběru tepla



Takto navržený výkon nabíjecího okruhu by v reálné situaci nabíjel zásobník velmi pomalu. Vhodnější řešení je „předimenzovat“ nabíjecí okruh, který pak např. během půl hodiny natopí zásobník, MaR pak v případě plně natopeného zásobníku zavře uzavírací armaturu před vstupem do zásobníku. Pokud nastane odběr TV, čidlo zaregistruje úbytek teplé vody, dá pokyn MaR a ta znovu otevře uzavírací armaturu. Následně pak znovu proběhne rychlé natopení zásobníku.

Tímto pak dochází k optimalizaci ohřevu TV, výkon je dodáván, pouze když je potřeba.

Pokud má kotel dostatečnou rezervu na výkonu, není ani třeba přes MaR mít nastavenou tzv. přednost nabíjení TV před vytápěním. Pod pojmem přednost nabíjení TV si lze představit „přesměrování“ potřebného výkonu do TV, zatím co do OS jde výkonu méně. OS soustava však díky velkému objemu vody a jisté setrvačnosti nestihne vychladnout natolik, aby byl ve vytápěných místnostech poznán rozdíl.

Je navržen nepřímoohřívavý zásobník teplé vody Regulus R0BC 1500 o objemu 1494 l. Z výše uvedeného důvodu je nabíjecí okruh dimenzován na 20 kW výkonu. Před vstupem nabíjecí větve je instalována uzavírací armatura se servopohonem, řízená MaR.  $K_v$  uzavírací armatury je rovna 3,7 m<sup>3</sup>/hod, tlaková ztráta této armatury je při maximálním průtoku 10 kPa. Na rozdělovači v kotelně je navržena regulační a měřicí armatura Hydrocontrol VTR, při maximálním průtoku je tlaková ztráta armatury 3 kPa, tedy potřebný tlakový rozdíl aby po připojení měřicí techniky nebyly výsledky měření příliš zkresleny. Osazení armatur viz výkres Schéma zapojení kotelny.

Vzhledem k velikosti zásobníku (neprojde dveřmi ani bez izolace) je nutné připravit při realizaci montážní otvory a zásobník do kotelny dopravit co nejdříve, pokud možno během dokončování hrubé stavby.



## 6 NÁVRH VYBAVENÍ TECHNICKÉ MÍSTNOSTI

Součástí každé otopné soustavy musí být zdroj tepla a zabezpečovací zařízení a v případě soustavy s nuceným oběhem i oběhová čerpadla. U větších OS je nutno navrhnout taktéž například HVDT (hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků), rozdělovač/sběrač pro jednotlivé okruhy.

### 6.1 Návrh zdroje tepla

#### 6.1.1 Možné zdroje tepla

Tepelnou energii pro provoz OS lze získat:

- spalováním paliv v kotlích,
- přeměnou elektrické energie v teplo,
- z obnovitelných zdrojů (solární soustavy, tepelná čerpadla atd.)

Nejčastějším zdrojem tepla u větších objektu jsou kotle na spalování paliv. Kotle jsou zařízení obsahující spalovací část a výměník tepla[3], přes který je předávána uvolněná energie ze spálení paliva do teplotnosného média. Je mnoho způsobů, podle kterých lze kotle dělit. Základní dělení podle českých norem je dělení kotlů na teplovodní a nízkotlaké kotle, horkovodní kotle a parní kotle[3]. Podle zdroje energie lze kotle dělit na:

- kotle na pevná paliva (uhlí, biomasa aj.),
- kotle na tekutá paliva,
- kotle na plynná paliva
- jiné[3].

Kotle na pevná paliva jsou náročné na prostor (sklad paliva atd.), nejsou tak dobře regulovatelná jako ostatní, mají vyšší produkci nežádoucích zbytků a emisí, jsou náročnější na obsluhu. Z těchto důvodů se pro potřeby vytápění navrhuje méně[3]. Naopak jejich výhodou je nižší cena paliv.

Kotle na tekutá paliva jsou konstrukčně podobná kotlům plynovým, avšak oproti spalování plynu je vyšší teplota rosného bodu spalin z důvodu vyššího obsahu sloučenin síry v kapalných derivátech ropy. Palivové hospodářství i palivo je taktéž dražší oproti kotlům na plynná paliva, proto se stejně jako kotle na paliva tuhá příliš neprojektují.

Naopak hojně používány jsou pro potřeby vytápění kotle plynové. To převážně z důvodu dobré regulovatelnosti, nízkým emisím, nenáročnou obsluhu[3]. S trendem zvyšování účinnosti zdrojů tepla je vhodné používání kondenzačních kotlů, které dokáží využít teplo uvolněné kondenzací spalin. Při instalaci kondenzačního kotle je potřeba počítat s tím, že v kotli vzniká kondenzát, který je třeba odvést. Ten však musí být před odvedením do kanalizace neutralizován, nebo alespoň zředěn[3].

Alternativně lze použít jako zdroj tepla elektrokotel nebo tepelné čerpadlo. Pro větší objekty je použití elektrokotle nepraktické, z důvodu vyšší tepelné ztráty a tím i vyšších nákladů na provoz.

### 6.1.2 Výběr zdroje tepla

Pro potřebný přípojný výkon je stanoven vztah:

$$Q_p = 0,8 \cdot Q_t + Q_{vs} \quad (6.1)$$

Kde  $Q_t$  je výkon potřebný na vytápění v kW a  $Q_{vs}$  střední hodnota tepelného výkonu potřebného na ohřev TV v kW. Tento vztah lze najít např. v [4]. Tento vztah platí, pouze pokud přípojný výkon je větší než výkon potřebný na vytápění i na ohřev TV.

Pro řešený objekt platí:

$$Q_p = 0,8 \cdot Q_t + Q_{vs} = 0,8 \cdot 73,61 + 11,28 = 70,61 \text{ kW}$$

Vzhledem k tomu, že  $Q_p$  je nižší než  $Q_t$ , je minimálním potřebným výkonem výkon potřebný na vytápění.

Kotelna se v řešeném objektu nachází v podzemním podlaží. Omezený prostor vylučuje kotle na tuhá paliva. Z důvodu nižší ceny paliva a vyššího komfortu je dána přednost plynovému kotli před kotlem na kapalná paliva.

Je navržena kaskáda dvou plynových kondenzačních kotlů BAXI LUNA DUO-TEC MP+ 1.50 s jmenovitým výkonem 97,2 kW. Tento výkon stačí na provoz všech otopných větví najednou. Součástí kotlů jsou pojistné ventily a oběhová čerpadla. Vzhledem k tomu, že kotlový okruh má vlastní čerpadla, musí být později navržen HVDT. Pro přívod a odvod otopné vody z kotlů do HVDT je navrženo Tiechelmanovo zapojení.

### 6.1.3 Větrání zdroje tepla

Z důvodu umístění technické místnosti v podzemním podlaží řeší větrání technické místnosti včetně přívodu spalovacího vzduchu. Odvod spalin je zajištěn společným nerezovým odkouřením d160 mm vyústěným nad střechu objektu. Dodávka společnosti Jeremias s.r.o.

## 6.2 Návrh čerpadel

Oběhová čerpadla používaná k vytápění bytových prostor musí zpravidla splňovat čtyři základní požadavky, a to:

- úsporný provoz,
- tichý chod,
- spolehlivost a co nejdelší živostnost,
- minimální potřebu obsluhy[3].

V provozu je několik možností jak řídit výkon čerpadel. Přidáním dalšího čerpadla do série lze zvýšit dopravní výšku při zachování stejného průtoku, naopak paralelním řazením zachováme dopravní výšku, ale zvýšíme průtok. Vzhledem k tomu, že charakteristika potrubní sítě je parabola a pracovní bod je dán průsečíkem charakteristiky čerpadla i sítě, tak dochází při sériovém řazení i ke zvýšení průtoku, při paralelním i k zvýšení dopravní výšky. Tyto způsoby nejsou plynulé. Naopak plynulé řízení můžeme dosáhnout:

- škrcením čerpadla na výtlaku (u teplovodního vytápění lze použít ztrátové teplo vniklé škrcením),
- obtokem,
- změnou otáček čerpadla např. použitím frekvenčních měničů[3].

Norma [13] doporučuje u takových soustav, kde dochází ke změnám průtoků (pomocí regulace) použití čerpadel s možností změny otáček. Dále doporučuje užití opatření pro snížení přenosu vibrací a hluku. Vzhledem k těmto skutečnostem je navrženo použití pryžových kompenzátorů, zapojení viz schéma kotelny. Dalším ochranným opatřením je použití filtrů, zachycující nečistoty, které by mohly poškodit právě čerpadla. Tyto filtry jsou osazeny na zpátečkách v technické místnosti.

K tomu abychom mohli navrhnout čerpadla, která budou do soustavy dodávat potřebný tlak, potřebujeme znát dva základní údaje: Průtok a tlakovou ztrátu dané větve OS. Průtok je dán potřebným výkonem těles a teplotním spádem na větvi a zpravidla určuje velikost čerpadla[3]. Tlakovou ztrátu jsme získali hydraulickým výpočtem soustavy. Tyto dvě veličiny pak charakterizují pracovní bod soustavy. Cílem návrhu je pak najít takové čerpadlo, jehož charakteristika v ideálním případě prochází právě pracovním bodem.

V dnešní době často výrobci čerpadel usnadňují projektantům práci, a zdlouhavé hledání v technických listech nahrazují možností použít návrhové programy, které po zadání určitých parametrů vyhodnotí nejvhodnější čerpadlo pro danou aplikaci. Pomocí takového návrhového programu od společnosti Grundfoss jsou navržena čerpadla pro všechny větve řešeného systému vytápění. Kromě základních parametrů (průtok, tlaková ztráta) byly nastaveny další dva parametry a to:

- regulace podle teploty s integrovaným frekvenčním měničem
- nejmenší možné pořizovací a provozní náklady

V následujících tabulkách 6.1 a 6.4 jsou uvedeny základní parametry větví OS a k nim navržené čerpadlo.

Tab. 6.1 Návrh čerpadla větve vytápění 1.NP

Návrh čerpadla větve - vytápění 1.NP	
průtok m	1,16 m <sup>3</sup> /h
tlaková ztráta $\Delta p_z$	22,84 kPa
<b>Navržené čerpadlo</b>	<b>MAGNA3 25-40</b>

Tab. 6.2 Návrh čerpadla větve vytápění bytů 1+KK

Návrh čerpadla větve - OT byty	
průtok m	0,79 m <sup>3</sup> /h
tlaková ztráta $\Delta p_z$	24,65 kPa
<b>Navržené čerpadlo</b>	<b>MAGNA3 25-40</b>

Tab. 6.3 Návrh čerpadla větve podlahového vytápění

návrh čerpadla větve - podlahové vytápění	
průtok m	3,94 m <sup>3</sup> /h
tlak ztráta $\Delta p_z$	57,88 kPa
<b>Navržené čerpadlo</b>	MAGNA3 25-80

Tab. 6.4 Návrh čerpadla nabíjecí větve pro ohřev TV

návrh čerpadla nabíjecí větve TV	
průtok m	1,16 m <sup>3</sup> /h
tlak ztráta $\Delta p_z$	21,76 kPa
<b>Navržené čerpadlo</b>	MAGNA3 25-40

## 6.3 Návrh zabezpečení otopné soustavy

Návrh zabezpečení je důležitou součástí projektování tepelných soustav. Bez navrhnutého zařízení nelze tyto soustavy uvést do provozu a každá projektová dokumentace musí tento návrh obsahovat[3]. Předpis pro navrhování těchto zařízení uvádí norma ČSN 06 0830 [14].

### 6.3.1 Požadavky

Součástí každé otopné soustavy musí být expanzní zařízení, a to kvůli kompenzaci změny objemu topné vody v soustavě, vzhledem k tomu že objem je přímo úměrný změně teploty. Toto zařízení by nemělo zvyšovat přetlak soustavy ani způsobovat ztráty topné látky[14]. Norma udává, že expanzní objem se určí jako 1,3 násobek zvětšení objemu vody v soustavě a to při jeho ohřátí z teploty 10 °C na střední (návrhovou) teplotu vody v OS. Expanzní objem je tedy dán vztahem:

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot \Delta v \quad (6.1)$$

kde  $V_e$  je expanzní objem v m<sup>3</sup>,  $V_o$  objem vody v OS v m<sup>3</sup> a  $\Delta v$  součinitel zvětšení objemu. Tento objem je nejmenší možný, který musí expanzní nádoba pojmout. Pokud zvolíme, jako expanzní zařízení uzavřenou nádobu s membránou pak lze pro výpočet pro předběžný objem této nádoby použít vztah:

$$V_{cp} = \frac{V_e \cdot (p_{hp} + 100)}{(p_{hp} - p_d)} \quad (6.2)$$

kde  $V_{cp}$  je předběžný objem expanzní nádoby v m<sup>3</sup>,  $p_{hp}$  nejvyšší provozní přetlak OS v kPa a  $p_d$  nejnižší provozní přetlak soustavy, taktéž v kPa. Objemy lze osazovat i v jiných jednotkách (např. v litrech), pokud jsou dosazeny ve stejných. Po výpočtu je pak vybrána nádoba s nejbližším vyšším objemem. Pokud expanzní zařízení není současně zařízením pojistným, lze jej pak instalovat i mimo pojistný úsek[14]. Pro výpočet dimenze expanzního potrubí lze použít stejný vztah jako pro výpočet potrubí pojistného[14]:

$$d = 10 + 0,6 \cdot Q_p^{0,5} \quad (6.3)$$

kde  $Q_p$  je pojistný výkon v kW, tento vztah platí pro případ, kdy nemůže dojít k vývinu páry v soustavě. Výše uvedené vztahy lze najít např. v [3].

Skutečná expanzní zařízení lze rozdělit do čtyř kategorií, a to podle zdroje přetlaku:

- svislá potrubí s otevřenou nádobou, kde je zdroj přetlaku hydrostatický tlak,
- přepouštěcí expanzní zařízení s čerpadlem,
- membránové s konstantním množstvím plynu, které tlačí na vodní hladinu přes membránu (jako plyn se používá např. dusík),
- membránové s proměnným množstvím vzduchu, obsahující kompresor[3].

Proti překročení maximální teploty norma udává povinnost instalovat u kotlu na plynná a kapalná paliva zařízení, které v tomto případě odstaví přívod paliva nebo elektrické energie[14]. Tato zařízení bývají součástí kotle již od výroby.

Proti překročení maximálního dovoleného přetlaku se zpravidla instalují pojistné ventily, které právě v případě překročení nejvyššího dovoleného přetlaku upustí potřebné množství teplotního média, tak aby nedošlo k poškození soustavy[14]. Je potřebné stanovit průřez sedla pojistného ventilu  $S_o$  v  $\text{mm}^2$ , a to dle vztahu:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^2} \quad (6.4)$$

kde  $Q_p$  je pojistný výkon v kW (pro kotle je tento výkon roven jmenovitému výkonu zdroje),  $\alpha_v$  je výtokový součinitel pojistného ventilu, který zjistíme z technických dat daných pojistných ventilů, a  $p_{ot}$  je otevírací přetlak v kPa, při překročení tohoto tlaku dojde k upuštění potřebného množství média[3].

Dále platí několik dalších zásad, které musíme při návrhu zabezpečení OS dodržet. Expanzní a pojistné potrubí musí být schopné odvodu, připojení pojistného potrubí musí být provedeno bez možnosti uzavření potrubí atd.

### 6.3.2 Výpočet zabezpečení OS

Navržená otopná soustava je vybavena normou požadovaným zabezpečením. Ochrana proti překročení maximální teploty je řešena pomocí kotlových termostátů, které jsou součástí zvolených kondenzačních kotlů.

Zvolený zdroj tepla obsahuje pojistný ventil s otevíracím přetlakem 350 kPa a rozměrem 1/2"×3/4", pro tento přetlak spočítáme potřebný průřez sedla dle vztahu 6.4:

$$S_o = \frac{2 \cdot Q_p}{\alpha_v \cdot p_{ot}^2} = \frac{2 \cdot 97,2}{0,54 \cdot 350^2} = 19,24 \text{ mm}^2$$

Hodnota součinitele  $\alpha_v$  je brána z materiálů společnosti Meibes[15], kde je vybrán ventil stejných rozměrů. Reálné průřezy sedla těchto ventilů jsou okolo 177  $\text{mm}^2$ . Tato hodnota značně převyšuje potřebný vypočtený průřez a dá se přepokládat, že i osazené ventily budou vyhovovat kritériím, které jsou dány normou.

Potřebný objem expanzní nádoby byl stanoven výpočtem dle vztahů 6.1 a 6.2. Objem soustavy byl výpočtem stanoven na 1235,5 litrů. Součinitel zvětšení objemu byl stanoven dle následujícího vztahu uvedeného v [16]:

$$\Delta v = \frac{1000}{\rho} - \frac{1000}{\rho_{10^{\circ}\text{C}}} = \frac{1000}{986,83} - 1,0004 = 0,013$$

Expanzní objem je pak:

$$V_e = 1,3 \cdot V_o \cdot \Delta v = 1,3 \cdot 1235,5 \cdot 0,013 = 20,8 \text{ l}$$

Jelikož chceme navrhnout uzavřenou tlakovou nádobu s membránou, lze počítat:

$$V_{cp} = \frac{V_e \cdot (p_{hp} + 100)}{p_{hp} - p_d} = \frac{20,8 \cdot (350 + 100)}{350 - 200} = 62,6 \text{ l}$$

Jako nejvyšší dovolený tlak je volen otevírací přetlak pojistného ventilu. Nejnižší provozní přetlak je volen 200 kPa. Vzhledem k tomu, že objem integrovaných expanzních nádob v kotli je v součtu pouze 20l, tak je jako expanzní nádoba zvolena uzavřená expanzní nádoba Regulus AQUAFILL HS o objemu 80l. Minimální průřez expanzního potrubí je vypočítán dle vztahu 6.3:

$$d_e = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{97,2} = 15,9 \text{ mm}$$

Jako expanzní potrubí je navrženo měděné potrubí dimenze 22x1,0.

## 6.4 Ostatní zařízení

Zdroj tepla obsahuje vlastní čerpadla a každá otopná větev je navržena jako samostatná s vlastním čerpadlem, z tohoto důvodu je nutné použít HVDT (též lidově „anuloid“). Toto zařízení hydraulicky oddělí kotlový okruh od otopných větví. Jedná se vlastně o zkrat, kterým se vyruší přebytek tlaku. Dle [17] by měl být průtok kotlovým okruhem větší než průtok otopnou soustavou, a to o 5 až 10%. Průtok otopnou soustavou je dán součtem průtoků jednotlivých větví. Průtok hydraulickým rozdělovačem je pak:

$$Q_{HDTV} = 1,1 \cdot (1,16 + 0,79 + 3,94 + 1,16) = 7,75 \text{ m}^3/\text{hod}$$

Z nabízených anuloidů je vybrán HVDT II, s průtokem 8 m<sup>3</sup>/hod.

Je navržený kombinovaný rozdělovač/sběrač pro čtyři topné okruhy. Každý vývod je opatřen uzavírací armaturou stejné dimenze jako potrubí a vypouštěcí armaturou DN15. Na zpátečkách jsou osazeny zpětné klapky (pružinové, aby se zabránilo samouzavírání vlivem gravitace) a filtry, taktéž stejné dimenze jako potrubí. Na zpátečce jsou taktéž navrženy regulační armatury Hydrocontrol o jednu dimenzi menší, sloužící na rozdělovači jako měřicí místo. Na přívodním potrubí jsou navrženy třicestné směšovací armatury s tlakovou ztrátou 10 kPa, které slouží k případné změně teplotního spádu. Tyto armatury jsou řízeny systémem MaR. Na přívodu jsou taktéž osazeny oběhová čerpadla zajišťující potřebný dispoziční tlak a průtok. Z důvodu zamezení šíření vibrací od čerpadel jsou na větvích instalovány pryžové kompenzátory. Každá větev je taktéž osazena tlakoměrem a teploměrem. Dimenze armatur a přesné zapojení viz výkres Schéma zapojení kotelny.



## 7 IDEOVÝ NÁVRH REGULACE OTOPNÉ SOUSTAVY

K tomu abychom zajistili optimální dodávku tepla do OS, je potřeba mimo jiné navrzení odpovídající regulace, která vhodně odpoví na změny parametrů, ovlivňující potřebné teplo, které musíme do soustavy dostat. Např. použitím kombinace ekvitermní a zónové regulace lze snížit náklady na teplo až o 30%[18].

Regulovat lze podle:

- výstupní teploty vody ze zdroje tepla,
- vnitřní teploty vzduchu,
- venkovní teploty vzduchu,
- podle zátěže[tp2].

Častý způsob regulace nejen otopných, ale i třeba chladících soustav, je regulace zónová. Ta se využívá hlavně u rozsáhlejších objektů, kde každá fasáda má rozdílné požadavky. U těchto objektu jsou pak otopné soustavy rozděleny tak, aby respektovali např. odlišné požadavky severní a jižní fasády. Samotná regulace je pak prováděna na rozdělovači změnou průtoku či změnou teplot směřováním[18].

Regulovat jednotlivé místnosti lze centrálně nebo lokálně podle vnitřních teplot[18]. Regulátorem je zpravidla ventil na otopných tělesech, který mění množství teplotnosné látky proudící do média.

Stále více rozšiřující je regulace ekvitermní, tedy regulace přírodní vody podle venkovní teploty[18]. Tento způsob reaguje na skutečnost, že potřeba tepla na vytápění je závislá hlavně právě na venkovní teplotě. Důležitou součástí ekvitermní regulace je venkovní čidlo teploty, které se umísťuje na severní fasádu objektu, tak aby nedocházelo k ovlivňování regulace slunečním zářením. Samotné regulátory pak v sobě mají zabudovány otopné křivky (závislosti teplot teplotnosné látky na venkovní teplotě), které se stanovují s ohledem na řešený objekt a navrhnutou soustavu. Vzhledem k tomu, že se reguluje pouze teplota přívodu a teplota zpátečky je závislá na pracovních podmínkách celé soustavy je nutno regulovat vytápěné prostory navíc lokálně, např. pomocí TRV[18].

Z důvody nevhodného členění objektu a jeho orientace vůči světovým stranám není počítáno se zónovou regulací. Je navrženo použití ekvitermní regulace. Ta bude řídit výstupní teplotu z kotlů. Regulace v místnostech je navržena u otopných těles pomocí TRV, podlahové vytápění je regulováno regulační armaturou osazenou servopohonem, která bude umístěna ve skříni podlahového vytápění na zpátečce. Tato armatura bude regulovat množství proudícího otopného média ve smyčkách podlahového vytápění. Koupelnová otopná tělesa ve 2. až 4. NP jsou v provedení s el. tyčí, která bude řízena uživatelem, a to stiskem tlačítka.



## 8 POŽADAVKY NA OSTATNÍ PROFESE TZB

Reálný projekt tohoto rozsahu se samozřejmě neobejde bez spolupráce s ostatními profesemi oboru TZB. Níže jsou uvedeny potřebné skutečnosti, které je potřeba dodat aby byl objekt funkční.

ZTI:

- napojení odvodu kondenzátu z kotlů přes neutralizační box do kanalizace
- přívod studené vody k systému automatického doplňování vody
- napojení studené vody, teplé vody a cirkulace na ohřívač TV
- dodání podlahové vpusti v technické místnosti

Plynové instalace:

- připojení zdroje tepla k plynu

VZT:

- větrání technické místnosti včetně přívodu spalovacího vzduchu
- zajištění odvodu tepelné zátěže v případě překročení teploty +40 °C

Stavba:

- zajištění prostupů stavebními konstrukcemi, včetně následného zapravení
- izolace pod systémovou deskou podlahového vytápění
- zalití podlahového vytápění včetně instalace dilatačních spár
- dodávka montážních otvorů pro instalaci zásobníkového ohřívače TV

Elektro:

- připojení všech zařízení k elektřině
- dodávka elektrických topných rohoží

MaR:

- zajištění automatického provozu celého systému vytápění
- regulace teploty otopné vody podle ekvitermní křivky
- řízení doplňování vody do OS, dle minimálního tlaku v soustavě
- řízení ohřevu TV ovládáním uzavírací armatury se servopohonem podle teploty v ohřívači TV
- řízení oběhových čerpadel
- řízení směšovacích ventilů na topných větvích
- řízení kulového kohoutu u rozdělovačů podlahového vytápění podle termostatu



## 9 ZÁVĚR

V rámci diplomové práce je navržena otopná soustava zajišťující vytápění a ohřev TV pro bytový dům se čtyřmi nadzemními podlažími, jehož první podlaží je využíváno jako obchodní plocha. Podkladem pro zpracování potřebného návrhu byla část projektové dokumentace (půdorysy a řezy) stavebně-dispozičního řešení objektu. Pomocí programu PROTECH (modul TV) byl stanoven návrhový tepelný výkon objektu 68 kW pro výpočtovou venkovní teplotu - 15 °C (dle ČSN 73 0540-2). Zdrojem tepla pro vytápění ohřev TV je navržena kaskáda dvou plynových kondenzačních kotlů BAXI LUNA DUO-TEC MP+ 1.50 s jmenovitým výkonem 97,2 kW. Odvod spalin je zajištěn společným odkouřením 160 mm, jenž bude vyvedeno nad střechu po fasádě objektu.

Je navržena dvoutrubková otopná soustava s nuceným oběhem vody. Oběh vody budou zajišťovat elektronicky řízená čerpadla s frekvenčními měniči. Z důvodu odlišných požadavků na provozování je navrženo rozdělení OS na 4 topné větve:

- nabíjecí větev pro ohřev TV s výkonem 20 kW a tepelným spádem 60/45 °C
- větev zajišťující vytápění 1. NP a otopnou vodu pro přehřev rekuperační jednotky s výkonem 20 kW a tepelným spádem 60/45 °C
- větev podlahového vytápění pro větší byty s výkonem 40 kW s tepelným spádem 42/30°C
- větev zajišťující vytápění bytů s dispozičním řešením 1+KK o výkonu 13,5 kW a tepelném spádu 60/45°C

Ohřev TV je zajištěn nepřímohřívaným zásobníkem o objemu 1494 l s jednou teplosměnnou plochou, který je umístěn v kotelně.

Potrubní rozvody jsou navrženy měděné, spojované pájením. Rozvody v kotelně s dimenzí DN50 jsou navrženy z ocelových trubek bezešvých. Je navržen kombinovaný rozdělovač/sběrač ze kterého budou vyvedeny jednotlivé větve. Rozvody zajišťující vytápění druhého a vyšších nadzemních pater jsou vyvedeny do podhledu v 1.NP odkud jsou vedeny stoupačky. Na patách stoupaček jsou osazeny uzavírací a vypouštěcí armatury, u větve zajišťující vytápění bytů 1+KK jsou instalovány regulační armatury pro možnost zaregulování stoupaček. Větev podlahového vytápění má tyto armatury instalovány ve skříních rozdělovačů podlahového vytápění. Potrubí vedené ve volné prostoru je izolováno izolací z minerální vlny např. ROCKWOOL PIPO ALS, rozvody vedené v podlaží jsou opatřeny nápletkovou izolací z penového polyetyleny např. TUBEX. Trasy potrubních rozvodů viz výkresová dokumentace.

Otopná tělesa jsou volena na větvích následovně:

- vytápění 1.NP: desková tělesa typu ventil kompakt potřebného výkonu; otopný žebřík ve sprše
- vytápění bytů 1+KK: pokoj vytápěn deskovým tělesem VK; v koupelně je navržena elektrická podlahová topná rohož o maximálním výkonu 100 W/m<sup>2</sup>, pro sušení jsou navrženy koupelňové žebříky
- vytápění zbylých bytů zajišťuje podlahové vytápění

Desková tělesa jsou připojena pomocí připojovacího šroubení Oventrop Multiflex F a opatřena termostatickou hlavicí OVENTROP UNI LH. Trubková tělesa jsou připojena pomocí šroubení OVENTROP Multiblock T a taktéž opatřena termostatickou hlavicí. Podlahové vytápění je

navrženo se zabetonovanými vícevrstevnými trubkami PEX-AL-PEX. Koupelnová tělesa s výjimkou sprchy v 1. NP jsou navržena s elektrickou topnou tyčí a spouštěna tlačítkem.

Měření tepla bude probíhat ultrazvukovými měřiči tepla, pro 1.NP na rozdělovači, pro obytné prostory bude tento měřič osazen před vstupem do dané BJ.

Zabezpečovací zařízení jsou umístěna v kotelně, pojistné ventily jsou součástí kotle, expanzní nádoba je navržena jako membránová o objemu 80l. Ochrana proti překročení maximální teploty je zajištěna kotlovými termostaty.

Regulace soustavy je navržena podle venkovní teploty. Primární regulace je ekvitermní, která řídí výstupní teplotu z kotlů. Druhý stupeň regulace je řízení teploty v jednotlivých místnostech. Regulace otopných těles probíhá pomocí termostatických hlavic, osazených na daném tělesu. Regulace podlahového vytápění se řídí podle pokojových termostatů, které dají příkaz k uzavírání/otevírání elektricky řízené uzavírací armatury osazené ve skříni rozdělovače podlahového vytápění.

Potřeba tepla na vytápění je spočtena pomocí denostupňové metody na cca 178 MWh za rok pro vytápění a 87 MWh pro ohřev TV.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Součinitel prostupu tepla. TZB-info [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/315-soucinitel-prostupu-tepla>
- [2] Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu: ČSN EN 12831. Český normalizační institut, 2005.
- [3] BAŠTA, Jiří. Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě Svazek 1. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-86176-82-7.
- [4] Topenářská příručka 3. Praha: Agentura ČSTZ, 2007. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [5] Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin: ČSN 73 0540-3. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [6] Projekční podklady a pomůcky - Výpočet tlakových ztrát při proudění tekutin potrubím [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=24>
- [7] Přibližný výpočet tlakové ztráty třením v potrubí. TZB-info [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/potrubni-trasy-vodovod/1002-priblizny-vypocet-tlakove-ztraty-trenim-v-potrubu>
- [8] Online návrh - Oventrop [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.ventrop.com/cs-CZ/produkty/online%3%A1vrh>
- [9] RADIK desková otopná tělesa. KORADO [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/common/downloads/radik-deskova-otopna-telesa-1484896163.pdf>
- [10] Hydrocontrol VRF. OVENTROP [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: [https://www.ventrop.com/Pools/pimimages/5423fcbc58ee8e075074e888d2d42844/350w/1060303\\_frei.jpg](https://www.ventrop.com/Pools/pimimages/5423fcbc58ee8e075074e888d2d42844/350w/1060303_frei.jpg)
- [11] Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování: ČSN 06 0320. Český normalizační institut, 2006.
- [12] Metody návrhu zásobníku teplé vody. TZB-info [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/7885-metody-navrhu-zasobniku-teple-vody>
- [13] Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž: ČSN 06 0310. Český normalizační institut, 2014.
- [14] Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení: ČSN 06 0830. Český normalizační institut, 2014.
- [15] 06 Ventily pojistné a směšovací [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: [http://www.meibes.cz/system/documents/files/000/001/235/original/MEIBES\\_cenik-2017\\_kapitola-6\\_Ventily-pojistne-a-smesovaci.pdf?1485621308](http://www.meibes.cz/system/documents/files/000/001/235/original/MEIBES_cenik-2017_kapitola-6_Ventily-pojistne-a-smesovaci.pdf?1485621308)
- [16] Projekční podklady a pomůcky - Návrh zabezpečovacího zařízení [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=42>
- [17] 10.2 HVDT hydraulický vyrovnávač dynamických tlaků [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://katalog.aquaproduct.cz/?id=hvdt-hydraulicky-vyrovnavac-dynamickych-tlaku>
- [18] BAŠTA, Jiří. Topenářská příručka: 120 let topenářství v Čechách a na Moravě Svazek 2. Praha: GAS, 2001. ISBN 80-86176-83-5.

# SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Význam
$BJ$		Bytová jednotka
$MaR$		Měření a Regulace
$NP$		Nadzemní podlaží
$OS$		Otopná soustava
$TV$		Teplá voda
$TZB$		Technická zařízení budov
$ÚT$		Ústřední vytápění
$ZZT$		Zpětné získávání tepla
$\alpha$	$W/m^2 \cdot K$	Součinitel přestupu tepla
$\alpha_v$	-	Výtokový součinitel pojistného ventilu
$\Lambda$	$W/m^2 \cdot K$	Tepelná propustnost vrstvy
$\lambda_i$	$W/m \cdot K$	Tepelná vodivost materiálu konstrukce
$\varphi$	-	Opravný součinitel
$\xi$	-	Součinitel místního odporu
$\Delta v$	-	Součinitel zvětšení objemu
$\rho$	$kg/m^3$	hustota
$\psi_i$	$W/m \cdot K$	Lineární činitel prostupu tepla pro tepelný most
$\eta_v$	-	Účinnost ZZT
$\theta_1$	$^{\circ}C$	Teplota studené vody
$\theta_3$	$^{\circ}C$	Teplota teplé vody
$\theta_{int,i}$	$^{\circ}C$	Výpočtová vnitřní teplota
$\theta_e$	$^{\circ}C$	Výpočtová venkovní teplota
$\theta_{me}$	$^{\circ}C$	Průměrná roční venkovní teplota
$\Phi_{1n}$	kW	Potřebný výkon pro zásobníkový ohřev



$\Phi_{HL}$	kW	Návrhový tepelný výkon
$\Phi_i$	kW	Návrhová tepelná ztráta
$\Phi_{RH}$	W	Zátopový výkon
$\Phi_T$	kW	Návrhová tepelná ztráta prostupem
$\Phi_V$	kW	Návrhová tepelná ztráta větráním
$A_k$	m <sup>2</sup>	Plocha stavební části
$b_u$	-	Redukční činitel
$c$	kWh/m <sup>3</sup> ·K	Měrná tepelná kapacita vody
$d_i$	m	Tloušťka konstrukce
$d_e$	m	Vnější průměr trubky
$G_w$	-	Korekční činitel zahrnující vliv spodní vody
$H_T$	W/K	Součinitel tepelné ztráty prostupem
$H_V$	W/K	Součinitel tepelné ztráty větráním
$l_i$	m	Délka tepelného mostu
$m$	-	Charakteristické číslo podlahy
$n_{min}$	1/h	Nejmenší intenzita výměny vzduchu
$n_{50}$	1/h	Intenzita výměny vzduchu při $\Delta p = 50$ Pa
$Q$	W	Výkon tělesa
$\dot{Q}_{1P}$	kWh	Teplo dodané do ohřívače
$\dot{Q}_{2P}$	kWh	Teplo odebrané z ohřívače
$\dot{Q}_{2t}$	kWh	Odebrané teplo z ohřívače
$\dot{Q}_{2z}$	kWh	Teplo ztracené při ohřevu a distribuci v rozvodech
$Q_n$	W	Jmenovitý výkon tělesa
$Q_P$	kW	Přípojný výkon / Pojistný výkon
$Q_t$	kW	Výkon potřebný pro vytápění
$Q_{vs}$	kW	Střední hodnota výkonu potřebného na ohřev TV

$p_d$	kPa	Nejnižší provozní přetlak
$p_{np}$	kPa	Nejvyšší provozní přetlak
$p_{ot}$	kPa	Otvírací přetlak pojistného ventilu
$\Delta p_{\varepsilon}$	Pa	Dopravní tlak čerpadla
$\Delta p_{\lambda}$	Pa	Tlaková ztráta třením
$\Delta p_{\xi}$	Pa	Tlaková ztráta místními odpory
$\Delta p_{\rho}$	Pa	Účinný tlak vyvolaný změnou teploty
$\Delta p_z$	Pa	Tlaková ztráta
$q$	W/m <sup>2</sup>	Měrný tepelný výkon
$R$	Pa/m	Měrná tlaková ztráta
$R_{si}$	m <sup>2</sup> · K/W	Odpor proti prostupu tepla na vnitřní straně
$R_{se}$	m <sup>2</sup> · K/W	Odpor proti prostupu tepla na vnější straně
$S_o$	mm <sup>2</sup>	Průřez sedla pojistného ventilu
$T_i$	°C	Vnitřní výpočtová teplota
$t_p$	°C	Teplota podlahy
$U_{equiv,h}$	W/m <sup>2</sup> · K	Součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí dle typologie podlahy
$U_{(k)}$	W/m <sup>2</sup> · K	Součinitel prostupu tepla
$U_c$	W/m <sup>2</sup> · K	Celkový součinitel prostupu tepla
$V_{2P}$	m <sup>3</sup>	potřeba TV pro mytí osob, nádobí a úklid
$V_{cp}$	m <sup>3</sup>	Předběžný objem expanzní nádoby
$V_e$	m <sup>3</sup>	Expanzní objem
$V_i$	m <sup>3</sup>	Vnitřní objem
$V_o$	m <sup>3</sup>	Objem vody v OS
$V_z$	m <sup>3</sup>	Objem zásobníku TV
$\dot{V}_{inf}$	m <sup>3</sup> /s	Objemový tok vzduchu infiltrací

$\dot{V}_{ex}$	m <sup>3</sup> /s	Objemový tok odváděného vzduchu
$\dot{V}_{su}$	m <sup>3</sup> /s	Objemový tok přiváděného vzduchu
$w$	m/s	rychlost
$z$	-	Koeficient zohledňující ztráty při distribuci

## SEZNAM PŘÍLOH A VÝKRESŮ

Příloha č. 1	Použité konstrukce řešeného objektu
Příloha č. 2	Výpočet tepelných ztrát řešeného objektu
Příloha č. 3	Hydraulický výpočet jednotlivých částí potrubí.
Výkres č. 1	D.1.4.3-b01 PŮDORYS SUTERÉNU
Výkres č. 2	D.1.4.3-b02 PŮDORYS 1. NP
Výkres č. 3	D.1.4.3-b03 PŮDORYS 2. NP
Výkres č. 4	D.1.4.3-b04 PŮDORYS 3. NP
Výkres č. 5	D.1.4.3-b05 PŮDORYS 4. NP
Výkres č. 6	D.1.4.3-b06 SCHÉMA ZAPOJENÍ KOTELNY
Výkres č. 7	D.1.4.3-b07 SCHÉMA VĚTVE VYTÁPĚNÍ 1. NP
Výkres č. 8	D.1.4.3-b08 SCHÉMA VĚTVE OTOPNÁ TĚLESA BYTY
Výkres č. 9	D.1.4.3-b09 SCHÉMA VĚTVE PODLAHOVÉ VYTÁPĚNÍ

**Přehled konstrukcí varianty 1**

Stavba: BD Prudký

Místo:

Zadavatel:

Zpracovatel: **TZpro, s.r.o.**

Zakázka: TZ BD Prudký.STV

Archiv:

Projektant:

Datum: 19.9.2016

E-mail:

Telefon:

**Neprůsvitné konstrukce**

OK	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	KC	Z/P	Vrstva	d mm	λ W/(m·K)	Z <sub>TM</sub>	λ <sub>ekv</sub> W/(m·K)	R <sub>v</sub> m <sup>2</sup> ·K/W
Stěna obvodová										
Korekční činitel: ΔU = 0.02 W/(m <sup>2</sup> ·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.30 W/(m <sup>2</sup> ·K)										
SO1	Z	0,212	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,130
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			215e-003	Z vr.	POROTHERM 30 P+D	300	0,260		0,260	1,180
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	150	0,039		0,039	3,846
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,040
		<b>U = 0,212</b>		Σ		470				5,221
Stěna podsklepená nezateplená										
Korekční činitel: ΔU = 0.02 W/(m <sup>2</sup> ·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.85 W/(m <sup>2</sup> ·K)										
SO3	Z	2,659	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,130
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			101-022	Z vr.	Železobeton (2400)	300	1,340		1,340	0,224
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,000
		<b>U = 2,659</b>		Σ		320				0,379
stěna vnitřní 250mm										
Korekční činitel: ΔU = 0.00 W/(m <sup>2</sup> ·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 2.70 W/(m <sup>2</sup> ·K)										
SN1	Z	1,081	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,130
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			215g-004	Z vr.	POROTHERM 24 P+D	240	0,380		0,380	0,640
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,130
		<b>U = 1,081</b>		Σ		260				0,925
stěna vnitřní 150mm										
Korekční činitel: ΔU = 0.00 W/(m <sup>2</sup> ·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 2.70 W/(m <sup>2</sup> ·K)										
SN2	Z	1,274	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,130
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			215j-003	Z vr.	POROTHERM 14 P+D	140	0,280		0,280	0,500
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,130
		<b>U = 1,274</b>		Σ		160				0,785
Podlaha na terénu										
Korekční činitel: ΔU = 0.00 W/(m <sup>2</sup> ·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.85 W/(m <sup>2</sup> ·K)										
PDL1	Z	2,805	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,170

# Tepelný výkon ČSN EN 12831

039110 - TZ pro, s.r.o. - Drnovice

Zakázka: TZ BD Prudký.STV

TV v.4.4.7 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 12.5.2017

OK	ZZ	U W/(m²·K)	KC	Z/P	Vrstva	d mm	λ W/(m·K)	Z <sub>TM</sub>	λ <sub>ekv</sub> W/(m·K)	R <sub>v</sub> m²·K/W
			101-022	Z vr.	Železobeton (2400)	250	1,340		1,340	0,187
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,000
		U = 2,805		Σ		250				0,357
Strop nad garážem										
Korekční činitel: ΔU = 0.02 W/(m²·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.60 W/(m²·K)										
STR1	Z	0,207	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,170
			130-03	Z vr.	Keram. dlažba	10	1,010		1,010	0,010
			104-031	Z vr.	Malta cementová	50	1,020		1,020	0,049
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	30	0,038		0,038	0,789
			101-022	Z vr.	Železobeton (2400)	250	1,340		1,340	0,187
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	150	0,038		0,038	3,947
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,170
		U = 0,207		Σ		500				5,335
Strop nad venkovním prostorem										
Korekční činitel: ΔU = 0.02 W/(m²·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.24 W/(m²·K)										
STR2	Z	0,147	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,170
			130-03	Z vr.	Keram. dlažba	10	1,010		1,010	0,010
			104-031	Z vr.	Malta cementová	50	1,160		1,160	0,043
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	40	0,039		0,039	1,026
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	50	0,039		0,039	1,282
			101-022	Z vr.	Železobeton (2400)	250	1,580		1,580	0,158
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	200	0,039		0,039	5,128
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,040
		U = 0,147		Σ		610				7,870
Strop nad venkovním prostorem - převis										
Korekční činitel: ΔU = 0.02 W/(m²·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.24 W/(m²·K)										
STR3	Z	0,172	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,170
			130-03	Z vr.	Keram. dlažba	10	1,010		1,010	0,010
			104-031	Z vr.	Malta cementová	50	1,160		1,160	0,043
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	90	0,039		0,039	2,308
			101-022	Z vr.	Železobeton (2400)	250	1,580		1,580	0,158
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	150	0,039		0,039	3,846
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,040
		U = 0,172		Σ		560				6,588
střecha										
Korekční činitel: ΔU = 0.02 W/(m²·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.24 W/(m²·K)										
SCH1	Z	0,203	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,100
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			101-022	Z vr.	Železobeton (2400)	250	1,580		1,580	0,158
			228b-029	Z vr.	GLASTEK 40 SPECIAL mineral	4	0,210		0,210	0,019
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	200	0,039		0,039	5,128
			228a-021	Z vr.	DEKPLAN 76	1	0,160		0,160	0,007
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,040

# Tepelný výkon ČSN EN 12831

039110 - TZ pro, s.r.o. - Drnovice

Zakázka: TZ BD Prudký.STV

TV v.4.4.7 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 12.5.2017

OK	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	KC	Z/P	Vrstva	d mm	λ W/(m·K)	Z <sub>TM</sub>	λ <sub>ekv</sub> W/(m·K)	R <sub>v</sub> m <sup>2</sup> ·K/W
		U = <b>0,203</b>		Σ		465				5,465
střecha - terasa										
Korekční činitel: ΔU = 0.02 W/(m <sup>2</sup> ·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.24 W/(m <sup>2</sup> ·K)										
SCH2	Z	0,203	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,100
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	1	0,800		0,800	0,001
			101-022	Z vr.	Železobeton (2400)	250	1,580		1,580	0,158
			228b-029	Z vr.	GLASTEK 40 SPECIAL mineral	4	0,210		0,210	0,019
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	200	0,039		0,039	5,128
			228a-021	Z vr.	DEKPLAN 76	1	0,160		0,160	0,007
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,040
		U = <b>0,203</b>		Σ		456				5,454
střecha - převis										
Korekční činitel: ΔU = 0.02 W/(m <sup>2</sup> ·K) e <sub>1</sub> = 1.00 e1.UN,20 = 0.24 W/(m <sup>2</sup> ·K)										
SCH3	Z	0,259	R <sub>si</sub>		Odpor při přestupu					0,100
			26o-002	Z vr.	POROTHERM Universal	10	0,800		0,800	0,012
			101-022	Z vr.	Železobeton (2400)	250	1,580		1,580	0,158
			228b-029	Z vr.	GLASTEK 40 SPECIAL mineral	4	0,210		0,210	0,019
			107-014	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (30)	150	0,039		0,039	3,846
			228a-021	Z vr.	DEKPLAN 76	1	0,160		0,160	0,007
			R <sub>se</sub>		Odpor při přestupu					0,040
		U = <b>0,259</b>		Σ		415				4,183

Poznámka:

ZTM – činitel tepelných mostů. Je určen k přepočítání výrobci uváděné λ<sub>D</sub> na λ<sub>ekv</sub>, která pak zohledňuje vliv nasákavosti stavebních izolací. Hodnota ZTM může být pro různé druhy izolačních materiálů předepsána metodikou výpočtu. Součinitel ZTM umožňuje také zohlednit vliv kotvení, přerušení izolační vrstvy krokviemi, rámovou konstrukcí atp. Jednotlivé hodnoty ZTM se sečtou a zadají jednou hodnotou do sl. ZTM. Pro výpočet platí vztah λ<sub>ekv</sub> = λ·(1 + Σ ZTM)

Nehomogenní vrstvy

V případě, že se v hlavní izolační vrstvě Xa se vyskytuje materiál Xb, případně další (Xc, Xd ...), pak jejich vliv na součinitel tepelné vodivosti charakteristické výšece vyjadřuje součinitel ZTM-N (nehomogenní vrstvy). Vliv vlhkosti na hlavní izolační vrstvu lze zadat pomocí údaje ZTM-V.

## Výplně otvorů

OK	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	UN,20 W/(m <sup>2</sup> ·K)	x m	y m	i <sub>LV</sub> m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ·Pa * 10 <sup>4</sup>	LS m	g	FF %
dveře 140/230										
DO1	V1	0	1,200	1,700	1,40	2,30	0,600	3,70	0,75	0,0
dveře 90/230										
DO2	V1	0	1,200	1,700	0,90	2,30	0,600	3,20	0,75	0,0
dveře 150/230										
DO3	V1	0	1,200	1,700	1,50	2,30	0,600	3,80	0,75	0,0
okno 120/250										
OD1	V1	0	1,100	1,500	1,20	2,50	0,600	3,70	0,75	0,0
okno 275/250										
OD2	V1	0	1,100	1,500	2,75	2,50	0,600	5,25	0,75	0,0
okno 150/250										
OD3	V1	0	1,100	1,500	1,50	2,50	0,600	4,00	0,75	0,0
okno 120/250										

**Tepelný výkon ČSN EN 12831**

039110 - TZ pro, s.r.o. - Drnovice

Zakázka: TZ BD Prudký.STV

TV v.4.4.7 © PROTECH spol. s r.o.

Datum tisku: 12.5.2017

OK	Var	ZZ	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	UN,20 W/(m <sup>2</sup> ·K)	x m	y m	i <sub>LV</sub> m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ·Pa * 10 <sup>4</sup>	LS m	g	FF %
OD4	V1	0	1,100	1,500	1,20	2,50	0,600	3,70	0,75	0,0
okno 245/170										
OD5	V1	0	1,100	1,500	2,45	1,70	0,600	4,15	0,75	0,0
okno 95/170										
OD6	V1	0	1,100	1,500	0,95	1,70	0,600	2,65	0,75	0,0
okno 180/170										
OD7	V1	0	1,100	1,500	1,80	1,70	0,600	3,50	0,75	0,0
okno 220/170										
OD8	V1	0	1,100	1,500	2,20	1,70	0,600	3,90	0,75	0,0
okno 186/250										
OD9	V1	0	1,100	1,500	1,86	2,50	0,600	4,36	0,75	0,0
okno 320/250										
OD10	V1	0	1,100	1,500	3,20	2,50	0,600	5,70	0,75	0,0
okbno 95/250										
OD11	V1	0	1,100	1,500	0,95	2,50	0,600	3,45	0,75	0,0
okno 215/250										
OD12	V1	0	1,100	1,500	2,15	2,50	0,600	4,65	0,75	0,0
okno 290/250										
OD13	V1	0	1,100	1,500	2,90	2,50	0,600	5,40	0,75	0,0
okno 200/250										
OD14	V1	0	1,100	1,500	2,00	2,50	0,600	4,50	0,75	0,0
okno 245/250										
OD15	V1	0	1,100	1,500	2,45	2,50	0,600	4,95	0,75	0,0
okno 95/250										
OD16	V1	0	1,100	1,500	0,95	2,50	0,600	3,45	0,75	0,0
okno 180/250										
OD17	V1	0	1,100	1,500	1,80	2,50	0,600	4,30	0,75	0,0
okno 220/250										
OD18	V1	0	1,100	1,500	2,20	2,50	0,600	4,70	0,75	0,0
okno 270/250										
OD19	V1	0	1,100	1,500	2,70	2,50	0,600	5,20	0,75	0,0
okno 400/250										
OD20	V1	0	1,100	1,500	4,00	2,50	0,600	6,50	0,75	0,0
okno 110/250										
OD21	V1	0	1,100	1,500	1,10	2,50	0,600	3,60	0,75	0,0
okno 160/250										
OD22	V1	0	1,100	1,500	1,60	2,50	0,600	4,10	0,75	0,0
stěna prosklená 3050/300										
SSO1	V1	0	1,100	1,500	30,50	3,00	0,600	33,50	0,75	0,0



Příloha č. 2

Hodnoty návrhového tepelného výkonu – úsek nevytápěných prostor:

Č. M. -	účel -	$\theta_{int,i}$ °C	$V_i$ m <sup>3</sup>	$A_{pi}$ m <sup>2</sup>	$\Phi_{Tm}$ W	$\Phi_{Vm}$ W	$\Phi_{RHm}$ W	$\Phi_{HLm}$ W
001	snížený suterén	N	502,2	108	-1418	1537	0	<b>118</b>
002	nesnížený suterén	N	1491,4	481	-3583	4816	0	<b>1233</b>
103	Zádveří	N	52,4	15	-95	116	0	<b>21</b>
104	Sklad	N	10,6	3	-28	38	0	<b>10</b>
105	Kolárna	N	66,5	19	-123	158	0	<b>35</b>
106	Popelnice	N	15,7	4,5	-31	51	0	<b>20</b>
107.2	Popelnice	N	22,4	6,4	-76	103	0	<b>27</b>
201	Schodiště	N	114,1	41,5	-180	233	0	<b>52</b>
203	Chodba	N	91,2	33,2	-424	449	0	<b>25</b>
301	Schodiště	N	114,1	41,5	-180	233	0	<b>52</b>
303	Chodba	N	91,2	33,2	-325	325	0	<b>1</b>
401	Schodiště	N	86,8	28	-196	221	0	<b>25</b>
403	Chodba	N	109,7	35,4	-194	261	0	<b>67</b>
$\Sigma$			2768,3	849,7	-6853	8541	0	<b>1686</b>

Hodnoty návrhového tepelného výkonu – úsek vytápěných prostor:

Č. M. -	účel -	$\theta_{int,i}$ °C	$V_i$ m <sup>3</sup>	$A_{pi}$ m <sup>2</sup>	$\Phi_{Tm}$ W	$\Phi_{Vm}$ W	$\Phi_{RHm}$ W	$\Phi_{HLm}$ W
101	Schodiště	15	70,8	20,2	567	361	0	<b>928</b>
107.1	Zásobování	15	258,3	73,8	956	1317	0	<b>2273</b>
107.3	Sklad, dílna	15	364	104	246	1856	0	<b>2102</b>
107.4	Denní místnost	21	68,6	19,6	597	420	0	<b>1017</b>
107.5	předsín WC	15	7,7	2,2	-152	39	0	<b>0</b>
107.6	WC	20	7,7	2,2	57	46	0	<b>103</b>
107.7	Sprcha	24	8,4	2,4	184	167	0	<b>351</b>
107.8	Denní místnost	21	45,3	13	346	277	0	<b>623</b>
107.9	prodejní plocha	21	787,5	225	5841	1542	0	<b>7383</b>
204.1	předsín	15	8,5	3,1	-137	43	0	<b>0</b>
204.2	Koupelna	24	11,9	4,3	190	236	0	<b>426</b>
204.3	pokoj	21	63,4	23	763	388	0	<b>1151</b>
205.1	předsín	15	11,6	4,2	-143	59	0	<b>0</b>

Č. M. -	účel -	$\theta_{int,i}$ °C	$V_i$ m <sup>3</sup>	$A_{pi}$ m <sup>2</sup>	$\Phi_{Tm}$ W	$\Phi_{Vm}$ W	$\Phi_{RHm}$ W	$\Phi_{HLm}$ W
205.2	Koupelna	24	11,9	4,3	196	236	0	<b>432</b>
205.3	pokoj	21	63,4	23	307	388	0	<b>695</b>
206.1	předsíň	15	11,6	4,2	-143	59	0	<b>0</b>
206.2	Koupelna	24	11,9	4,3	196	236	0	<b>432</b>
206.3	pokoj	21	63,4	23	307	388	0	<b>695</b>
207.1	předsíň	15	11,6	4,2	-143	59	0	<b>0</b>
207.2	Koupelna	24	11,9	4,3	196	236		<b>432</b>
207.3	pokoj	21	63,4	23	307	388	0	<b>695</b>
208.1	předsíň	15	11,6	4,2	-143	59	0	<b>0</b>
208.2	Koupelna	24	11,9	4,3	196	236	0	<b>432</b>
208.3	pokoj	21	63,4	23	307	388	0	<b>695</b>
209.1	předsíň	15	11,6	4,2	-143	59	0	<b>0</b>
209.2	Koupelna	24	11,9	4,3	196	236	0	<b>432</b>
209.3	pokoj	21	63,4	23	375	388	0	<b>763</b>
304.1	předsíň	15	8,5	3,1	-137	43	0	<b>0</b>
304.2	Koupelna	24	11,9	4,3	249	236	0	<b>485</b>
304.3	pokoj	21	63,4	23	776	388	0	<b>1164</b>
305.1	předsíň	15	11,6	4,2	-86	59	0	<b>0</b>
305.2	Koupelna	24	11,9	4,3	253	236	0	<b>489</b>
305.3	pokoj	21	63,4	23	320	388	0	<b>708</b>
306.1	předsíň	15	11,6	4,2	-86	59	0	<b>0</b>
306.2	Koupelna	24	11,9	4,3	253	236	0	<b>489</b>
306.3	pokoj	21	63,4	23	320	388	0	<b>708</b>
307.1	předsíň	15	11,6	4,2	-86	59	0	<b>0</b>
307.2	Koupelna	24	11,9	4,3	253	236	0	<b>489</b>
307.3	pokoj	21	63,4	23	320	388	0	<b>708</b>
308.1	předsíň	15	11,6	4,2	-86	59	0	<b>0</b>
308.2	Koupelna	24	11,9	4,3	253	236	0	<b>489</b>
308.3	pokoj	21	63,4	23	320	388	0	<b>708</b>
309.1	předsíň	15	11,6	4,2	-86	59	0	<b>0</b>
309.2	Koupelna	24	11,9	4,3	253	236	0	<b>489</b>
309.3	pokoj	21	63,4	23	419	388	0	<b>807</b>
210.1	Předsíň	15	24,8	9	-205	126	0	<b>0</b>
210.2	Ložnice	21	44,8	16,3	461	274	0	<b>735</b>
210.3	pokoj	21	32,5	11,8	330	199	0	<b>529</b>
210.4	Obývací pokoj	21	72,1	26,2	680	442	0	<b>1122</b>
210.5	Kuchyně	20	22,4	8,2	27	134	0	<b>161</b>
210.6	Koupelna	24	22,8	8,3	201	454	0	<b>655</b>
210.7	WC	20	4	1,5	-6	24	0	<b>18</b>
211.1	předsíň	15	18,1	6,6	-197	93	0	<b>0</b>

Č. M. -	účel -	$\theta_{int,i}$ °C	$V_i$ m <sup>3</sup>	$A_{pi}$ m <sup>2</sup>	$\Phi_{Tm}$ W	$\Phi_{Vm}$ W	$\Phi_{RHm}$ W	$\Phi_{HLM}$ W
211.2	Šatna	22	10,4	3,8	98	66	0	<b>164</b>
211.3	Ložnice	21	46,2	16,8	510	283	0	<b>793</b>
211.4	Obývací pokoj s KK	21	77	28	495	471	0	<b>966</b>
211.6	WC	20	5	1,8	-14	29	0	<b>15</b>
211.7	Koupelna	24	14,8	5,4	297	295	0	<b>592</b>
212.1	předsíň	15	37,7	13,7	-377	192	0	<b>0</b>
212.2	WC	20	4,7	1,7	43	28	0	<b>71</b>
212.3	Koupelna	24	18,1	6,6	187	361	0	<b>548</b>
212.4	Obývací pokoj s KK	21	104,5	38	561	640	0	<b>1201</b>
212.6	Ložnice	21	44	16	200	269	0	<b>469</b>
213.1	předsíň	15	20,4	7,4	-223	104	0	<b>0</b>
213.2	WC	20	4,7	1,7	29	28	0	<b>57</b>
213.3	Koupelna	24	12,9	4,7	180	257	0	<b>437</b>
213.4	Šatna	22	8,3	3	13	52	0	<b>65</b>
213.5	Ložnice	21	39	14,2	227	239	0	<b>466</b>
213.6	Obývací pokoj s KK	21	85,3	31	670	522	0	<b>1192</b>
310.1	Předsíň	15	24,8	9	-205	126	0	<b>0</b>
310.2	Ložnice	21	44,8	16,3	461	274	0	<b>735</b>
310.3	pokoj	21	32,5	11,8	330	199	0	<b>529</b>
310.4	Obývací pokoj	21	72,1	26,2	680	442	0	<b>1122</b>
310.5	Kuchyně	21	22,4	8,2	44	137	0	<b>181</b>
310.6	Koupelna	24	22,8	8,3	186	454	0	<b>640</b>
310.7	WC	20	4	1,5	-6	24	0	<b>18</b>
311.1	předsíň	15	18,1	6,6	-197	93	0	<b>0</b>
311.2	Šatna	22	10,4	3,8	98	66	0	<b>164</b>
311.3	Ložnice	21	46,2	16,8	510	283	0	<b>793</b>
311.4	Obývací pokoj s KK	21	77	28	660	471	0	<b>1131</b>
311.6	WC	20	5	1,8	6	29	0	<b>35</b>
311.7	Koupelna	24	14,8	5,4	206	295	0	<b>501</b>
312.1	předsíň	15	37,7	13,7	-270	192	0	<b>0</b>
312.2	WC	20	4,7	1,7	61	28	0	<b>89</b>
312.3	Koupelna	24	18,1	6,6	251	361	0	<b>612</b>
312.4	Obývací pokoj s KK	21	104,5	38	905	640	0	<b>1545</b>
312.6	Ložnice	21	44	16	347	269	0	<b>616</b>
313.1	předsíň	15	20,4	7,4	-168	104	0	<b>-64</b>
313.2	WC	20	4,7	1,7	8	28	0	<b>36</b>

Č. M. -	účel -	$\theta_{int,i}$ °C	$V_i$ m <sup>3</sup>	$A_{pi}$ m <sup>2</sup>	$\Phi_{Tm}$ W	$\Phi_{Vm}$ W	$\Phi_{RHm}$ W	$\Phi_{HLm}$ W
313.3	Koupelna	24	12,9	4,7	228	257	0	<b>485</b>
313.4	Šatna	22	8,3	3	46	52	0	<b>98</b>
313.5	Ložnice	21	39	14,2	359	239	0	<b>598</b>
313.6	Obývací pokoj s KK	21	74,3	27	754	454	0	<b>1208</b>
404.1	Šatna	22	6,6	2,5	343	42	10	<b>395</b>
404.2	Šatna	22	20,8	8	309	131	32	<b>472</b>
404.3	Ložnice	21	53,8	20,7	819	329	83	<b>1231</b>
404.4	WC	20	5	1,9	15	30	8	<b>53</b>
404.5	Chodba	15	24,6	9,4	-186	125	38	<b>0</b>
404.6	koupelna	24	23	8,9	306	458	35	<b>799</b>
404.7	Obývací pokoj s KK	21	73,9	28,4	859	453	114	<b>1426</b>
404.8	Ložnice	21	43,5	16,7	430	266	67	<b>763</b>
405.1	Obývací pokoj s KK	21	85,8	33	876	525	132	<b>1533</b>
405.2	předsíň	15	33,8	13	-240	172	52	<b>0</b>
405.3	Koupelna	24	19,2	7,4	278	383	30	<b>691</b>
405.4	WC	20	4,5	1,7	47	27	7	<b>81</b>
405.5	pokoj	21	41,6	16	375	255	64	<b>694</b>
405.6	Šatna	22	13,1	5	384	82	20	<b>486</b>
405.7	pokoj	21	52	20	411	318	80	<b>809</b>
406.1	předsíň	15	35,1	13,5	-462	179	54	<b>0</b>
406.2	Koupelna	24	27	10,4	359	538	42	<b>939</b>
406.3	pokoj	21	32	12,3	631	196	49	<b>876</b>
406.4	WC	20	5,5	2,1	13	32	8	<b>53</b>
406.5	pokoj	21	32	12,3	440	196	49	<b>685</b>
406.6	pokoj	21	45,8	17,6	930	280	70	<b>1280</b>
406.7	Obývací pokoj s KK	21	98,8	38	1105	605	152	<b>1862</b>
$\Sigma$			4970,3	1696,4	32274	30909	1196	<b>66312</b>

Pozn.:  $A_{pi}$  jsou plochy podlah jednotlivých místností.

Příloha č 3. Hydraulický výpočet jednotlivých částí potrubí.

**Větev vytápění 1. NP**

Úsek	Tepelný výkon	Průtočné množství	Vnitřní průměr potrubí	Rychlost proudění	Délka úseku	Kinem. viskozita	Reynoldsovo číslo	souč. tlakové ztráty	souč. tlakové ztráty	hustota	Měrný tl. Spád	Tl.ztráta třením	Vřazené odpory	Tl. Ztráta vř. Odpory	Celková tl. Ztráta
	Q (W)	m (kg/h)	d (mm)	w (m/s)	l (m)	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	Re (-)	$\lambda_o$ (-)	$\lambda$ (-)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	R (Pa/m)	R*I (Pa)	Sum $\xi$	Z (Pa)	R*L+Z (Pa)
1	<b>19978</b>	1145,199	<b>32</b>	0,395538	14,56	5,3E-07	23888,8	0,024902	0,024902	986,8274	<b>60,07199</b>	874,6481	4,7	362,816	<b>1237,4642</b>
1z	<b>19978</b>	1145,199	<b>32</b>	0,395538	14,56	5,3E-07	23888,8	0,024902	0,024902	986,8274	<b>60,07199</b>	874,6481	4,5	347,377	<b>1222,0252</b>
2	<b>13641</b>	781,9433	<b>32</b>	0,270074	6,23	5,3E-07	16311,3	0,027317	0,027317	986,8274	<b>30,72278</b>	191,4029	0,3	10,79688	<b>202,19982</b>
2z	<b>13641</b>	781,9433	<b>32</b>	0,270074	6,23	5,3E-07	16311,3	0,027317	0,027317	986,8274	<b>30,72278</b>	191,4029	0,6	21,59376	<b>212,9967</b>
3	<b>9641</b>	552,6512	<b>25</b>	0,312737	7,925	5,3E-07	14756,19	0,028033	0,028033	986,8274	<b>54,11314</b>	428,8466	5,7	275,0702	<b>703,9168</b>
3z	<b>9641</b>	552,6512	<b>25</b>	0,312737	7,925	5,3E-07	14756,19	0,028033	0,028033	986,8274	<b>54,11314</b>	428,8466	4,6	221,9864	<b>650,83309</b>
4	<b>1187</b>	68,04242	<b>13</b>	0,142397	0,575	5,3E-07	3493,813	0,04166	0,04166	986,8274	<b>32,06212</b>	18,43572	7,1	71,03475	<b>89,47047</b>
4z	<b>1187</b>	68,04242	<b>13</b>	0,142397	0,575	5,3E-07	3493,813	0,04166	0,04166	986,8274	<b>32,06212</b>	18,43572	4,5	45,02203	<b>63,457744</b>
5	<b>8454</b>	484,6088	<b>25</b>	0,274232	8,627	5,3E-07	12939,41	0,028979	0,028979	986,8274	<b>43,01185</b>	371,0633	0,3	11,13192	<b>382,19518</b>
5z	<b>8454</b>	484,6088	<b>25</b>	0,274232	8,627	5,3E-07	12939,41	0,028979	0,028979	986,8274	<b>43,01185</b>	371,0633	0,6	22,26385	<b>393,3271</b>
6	<b>1187</b>	68,04242	<b>13</b>	0,142397	0,575	5,3E-07	3493,813	0,04166	0,04166	986,8274	<b>32,06212</b>	18,43572	7,1	71,03475	<b>89,47047</b>
6z	<b>1187</b>	68,04242	<b>13</b>	0,142397	0,575	5,3E-07	3493,813	0,04166	0,04166	986,8274	<b>32,06212</b>	18,43572	4,5	45,02203	<b>63,457744</b>
7	<b>7267</b>	416,5664	<b>25</b>	0,235728	5,369	5,3E-07	11122,63	0,030127	0,030127	986,8274	<b>33,04086</b>	177,3964	0,3	8,225381	<b>185,62175</b>
7z	<b>7267</b>	416,5664	<b>25</b>	0,235728	5,369	5,3E-07	11122,63	0,030127	0,030127	986,8274	<b>33,04086</b>	177,3964	0,6	16,45076	<b>193,84713</b>
8	<b>367</b>	21,03755	<b>13</b>	0,044027	4,668	5,3E-07	1080,227	0,060965	0,060969	986,8274	<b>4,4855</b>	20,93831	2,6	2,486661	<b>23,424973</b>
8z	<b>367</b>	21,03755	<b>13</b>	0,044027	4,668	5,3E-07	1080,227	0,060965	0,060969	986,8274	<b>4,4855</b>	20,93831	1,3	1,24333	<b>22,181642</b>

9	<b>6900</b>	395,5288	<b>20</b>	0,349724	6,417	5,3E-07	13201,14	0,028858	0,028858	986,8274	<b>87,07594</b>	558,7663	3,1	187,0787	<b>745,845</b>
9z	<b>6900</b>	395,5288	<b>20</b>	0,349724	6,417	5,3E-07	13201,14	0,028858	0,028858	986,8274	<b>87,07594</b>	558,7663	2	120,6959	<b>679,46223</b>
10	<b>1097</b>	62,88335	<b>13</b>	0,1316	0,575	5,3E-07	3228,907	0,042659	0,042659	986,8274	<b>28,04111</b>	16,12364	7,1	60,67121	<b>76,794853</b>
10z	<b>1097</b>	62,88335	<b>13</b>	0,1316	0,575	5,3E-07	3228,907	0,042659	0,042659	986,8274	<b>28,04111</b>	16,12364	4,5	38,45359	<b>54,577226</b>
11	<b>5803</b>	332,6455	<b>20</b>	0,294123	4,32	5,3E-07	11102,35	0,030166	0,030166	986,8274	<b>64,37989</b>	278,1211	0,3	12,80533	<b>290,92646</b>
11z	<b>5803</b>	332,6455	<b>20</b>	0,294123	4,32	5,3E-07	11102,35	0,030166	0,030166	986,8274	<b>64,37989</b>	278,1211	0,6	25,61067	<b>303,73179</b>
12	<b>665</b>	38,11981	<b>13</b>	0,079776	0,575	5,3E-07	1957,359	0,049884	0,049885	986,8274	<b>12,0499</b>	6,928695	7,1	22,29527	<b>29,223964</b>
12z	<b>665</b>	38,11981	<b>13</b>	0,079776	0,575	5,3E-07	1957,359	0,049884	0,049885	986,8274	<b>12,0499</b>	6,928695	4,5	14,1308	<b>21,059499</b>
13	<b>5138</b>	294,5257	<b>20</b>	0,260418	1,7	5,3E-07	9830,065	0,031138	0,031138	986,8274	<b>52,09672</b>	88,56442	0,3	10,03862	<b>98,60304</b>
13z	<b>5138</b>	294,5257	<b>20</b>	0,260418	1,7	5,3E-07	9830,065	0,031138	0,031138	986,8274	<b>52,09672</b>	88,56442	0,9	30,11586	<b>118,68028</b>
14	<b>2510</b>	143,8808	<b>16</b>	0,198779	1,35	5,3E-07	6002,691	0,035612	0,035612	986,8274	<b>43,39362</b>	58,58138	1,8	35,09332	<b>93,674706</b>
14z	<b>2510</b>	143,8808	<b>16</b>	0,198779	1,35	5,3E-07	6002,691	0,035612	0,035612	986,8274	<b>43,39362</b>	58,58138	1	19,49629	<b>78,077673</b>
15	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	0,575	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	20,26938	7,1	79,40665	<b>99,676034</b>
15z	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	0,575	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	20,26938	4,4	49,20976	<b>69,479138</b>
16	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	8,083	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	284,9346	7,4	82,76186	<b>367,6965</b>
16z	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	8,083	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	284,9346	5,7	63,749	<b>348,68364</b>
17	<b>2628</b>	150,6449	<b>16</b>	0,208124	4,812	5,3E-07	6284,89	0,03516	0,03516	986,8274	<b>46,96555</b>	225,9982	1,3	27,78425	<b>253,7825</b>
17z	<b>2628</b>	150,6449	<b>16</b>	0,208124	4,812	5,3E-07	6284,89	0,03516	0,03516	986,8274	<b>46,96555</b>	225,9982	0,9	19,23525	<b>245,2335</b>
18	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	0,575	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	20,26938	7,1	79,40665	<b>99,676034</b>
18z	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	0,575	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	20,26938	4,4	49,20976	<b>69,479138</b>
31	<b>1373</b>	78,7045	<b>13</b>	0,16471	0,389	5,3E-07	4041,285	0,039903	0,039903	986,8274	<b>41,08799</b>	15,98323	1,8	24,09487	<b>40,078104</b>
31z	<b>1373</b>	78,7045	<b>13</b>	0,16471	0,389	5,3E-07	4041,285	0,039903	0,039903	986,8274	<b>41,08799</b>	15,98323	1	13,38604	<b>29,369271</b>
19	<b>118</b>	6,764116	<b>13</b>	0,014156	4,175	5,3E-07	347,3209	0,094306	0,094354	986,8274	<b>0,71762</b>	2,996062	10,8	1,067822	<b>4,0638843</b>
19z	<b>117</b>	6,706793	<b>13</b>	0,014036	4,175	5,3E-07	344,3775	0,094644	0,094693	986,8274	<b>0,708042</b>	2,956076	9,5	0,923435	<b>3,8795116</b>

20	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	7,375	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	259,9769	5,9	65,98581	<b>325,96267</b>
20z	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	7,375	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	259,9769	5,6	62,6306	<b>322,60746</b>
21	<b>4000</b>	229,2921	<b>20</b>	0,202739	8,724	5,3E-07	7652,834	0,033289	0,033289	986,8274	<b>33,75591</b>	294,4866	5,4	109,5162	<b>404,00274</b>
21z	<b>4000</b>	229,2921	<b>20</b>	0,202739	8,724	5,3E-07	7652,834	0,033289	0,033289	986,8274	<b>33,75591</b>	294,4866	2,8	56,78616	<b>351,27273</b>
22	<b>6337</b>	363,2559	<b>20</b>	0,321189	10,57	5,3E-07	12124	0,02949	0,02949	986,8274	<b>75,05438</b>	793,3248	6,5	330,8608	<b>1124,1856</b>
22z	<b>6337</b>	363,2559	<b>20</b>	0,321189	10,57	5,3E-07	12124	0,02949	0,02949	986,8274	<b>75,05438</b>	793,3248	6,1	310,5001	<b>1103,825</b>
23	<b>1385</b>	79,39238	<b>13</b>	0,16615	0,575	5,3E-07	4076,606	0,039801	0,039801	986,8274	<b>41,70283</b>	23,97913	5,6	76,27789	<b>100,25702</b>
23z	<b>1385</b>	79,39238	<b>13</b>	0,16615	0,575	5,3E-07	4076,606	0,039801	0,039801	986,8274	<b>41,70283</b>	23,97913	5,2	70,82947	<b>94,808595</b>
24	<b>4952</b>	283,8636	<b>20</b>	0,250991	4,263	5,3E-07	9474,208	0,031442	0,031442	986,8274	<b>48,86515</b>	208,3121	0,3	9,324961	<b>217,6371</b>
24z	<b>4952</b>	283,8636	<b>20</b>	0,250991	4,263	5,3E-07	9474,208	0,031442	0,031442	986,8274	<b>48,86515</b>	208,3121	0,9	27,97488	<b>236,28702</b>
25	<b>3765</b>	215,8212	<b>20</b>	0,190828	1,35	5,3E-07	7203,23	0,033841	0,033841	986,8274	<b>30,40271</b>	41,04366	0,9	16,171	<b>57,214659</b>
25z	<b>3765</b>	215,8212	<b>20</b>	0,190828	1,35	5,3E-07	7203,23	0,033841	0,033841	986,8274	<b>30,40271</b>	41,04366	0,9	16,171	<b>57,214659</b>
26	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	2,175	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	76,67114	8,4	93,9459	<b>170,61704</b>
26z	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	2,175	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	76,67114	6,7	74,93304	<b>151,60418</b>
27	<b>2510</b>	143,8808	<b>16</b>	0,198779	1,175	5,3E-07	6002,691	0,035612	0,035612	986,8274	<b>43,39353</b>	50,98739	4,1	79,93479	<b>130,92219</b>
27z	<b>2510</b>	143,8808	<b>16</b>	0,198779	1,175	5,3E-07	6002,691	0,035612	0,035612	986,8274	<b>43,39353</b>	50,98739	1,6	31,19407	<b>82,181458</b>
28	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	1,075	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	37,89493	7,1	79,40665	<b>117,30158</b>
28z	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	1,075	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	37,89493	5,3	59,27539	<b>97,17032</b>
29	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	7,73	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	272,491	8,4	93,9459	<b>366,4369</b>
29z	<b>1255</b>	71,94038	<b>13</b>	0,150554	7,73	5,3E-07	3693,964	0,040975	0,040975	986,8274	<b>35,2511</b>	272,491	6,6	73,81463	<b>346,30563</b>
30	<b>1187</b>	68,04242	<b>13</b>	0,142397	3,62	5,3E-07	3493,813	0,04166	0,04166	986,8274	<b>32,06212</b>	116,0649	8,4	84,04112	<b>200,10598</b>
30z	<b>1187</b>	68,04242	<b>13</b>	0,142397	3,62	5,3E-07	3493,813	0,04166	0,04166	986,8274	<b>32,06212</b>	116,0649	6,7	67,03279	<b>183,09766</b>

# Větev Otopná tělesa byty

Úsek	Tepelný výkon	Průtočné množství	Vnitřní průměr potrubí	Rychlost proudění	Délka úseku	Kinem. viskozita	Reynoldsovo číslo	souč. tlakové ztráty	souč. tlakové ztráty	hustota	Měrný tl. Spád	Tl.ztráta třením	Vřazené odpory	Tl. Ztráta vř. Odpory	Celková tl. Ztráta
	Q (W)	m (kg/h)	d (mm)	w (m/s)	l (m)	v (m <sup>2</sup> /s)	Re (-)	$\lambda_o$ (-)	$\lambda$ (-)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	R (Pa/m)	R*I (Pa)	Sum $\xi$	Z (Pa)	R*L+Z (Pa)
1	<b>13550</b>	776,727	25	0,440	14,125	5,3E-07	20739,179	0,026	0,026	986,827	<b>98,326</b>	1388,861	12,9	1229,682	<b>2618,543</b>
1z	<b>13550</b>	776,727	25	0,440	14,125	5,3E-07	20739,179	0,026	0,026	986,827	<b>98,326</b>	1388,861	11	1048,566	<b>2437,427</b>
2	<b>10450</b>	599,026	25	0,339	1,27	5,3E-07	15994,422	0,027	0,027	986,827	<b>62,312</b>	79,136	0,3	17,009	<b>96,145</b>
2z	<b>10450</b>	599,026	25	0,339	1,27	5,3E-07	15994,422	0,027	0,027	986,827	<b>62,312</b>	79,136	0,6	34,018	<b>113,154</b>
3	<b>8408</b>	481,972	25	0,273	6,25	5,3E-07	12869,005	0,029	0,029	986,827	<b>42,604</b>	266,277	0,3	11,011	<b>277,288</b>
3z	<b>8408</b>	481,972	25	0,273	6,25	5,3E-07	12869,005	0,029	0,029	986,827	<b>42,604</b>	266,277	0,6	22,022	<b>288,299</b>
4	<b>6366</b>	364,918	25	0,207	1,5	5,3E-07	9743,588	0,031	0,031	986,827	<b>26,248</b>	39,372	0,3	6,312	<b>45,684</b>
4z	<b>6366</b>	364,918	25	0,207	1,5	5,3E-07	9743,588	0,031	0,031	986,827	<b>26,248</b>	39,372	0,6	12,624	<b>51,997</b>
5	<b>4324</b>	247,865	20	0,219	6,25	5,3E-07	8272,713	0,033	0,033	986,827	<b>38,626</b>	241,413	1,8	42,659	<b>284,072</b>
5z	<b>4324</b>	247,865	20	0,219	6,25	5,3E-07	8272,713	0,033	0,033	986,827	<b>38,626</b>	241,413	0,7	16,590	<b>258,002</b>
6	<b>2282</b>	130,811	16	0,181	4,75	5,3E-07	5457,427	0,037	0,037	986,827	<b>36,840</b>	174,989	3,8	61,238	<b>236,226</b>
6z	<b>2282</b>	130,811	16	0,181	4,75	5,3E-07	5457,427	0,037	0,037	986,827	<b>36,840</b>	174,989	3	48,346	<b>223,334</b>
7	<b>1141</b>	65,406	13	0,137	1,55	5,3E-07	3358,417	0,042	0,042	986,827	<b>29,980</b>	46,469	6,4	59,165	<b>105,633</b>
7z	<b>1141</b>	65,406	13	0,137	1,55	5,3E-07	3358,417	0,042	0,042	986,827	<b>29,980</b>	46,469	6,7	61,938	<b>108,407</b>
8	<b>846</b>	48,495	13	0,101	8,914	5,3E-07	2490,114	0,046	0,046	986,827	<b>18,066</b>	161,036	9,7	49,297	<b>210,334</b>
8z	<b>846</b>	48,495	13	0,101	8,914	5,3E-07	2490,114	0,046	0,046	986,827	<b>18,066</b>	161,036	8,2	41,674	<b>202,710</b>
9	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,314	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,119	4,1	2,534	<b>6,653</b>
9z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,314	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,119	2,6	1,607	<b>5,726</b>
10	<b>1141</b>	65,406	13	0,137	4,7	5,3E-07	3358,417	0,042	0,042	986,827	<b>29,980</b>	140,905	7,9	73,031	<b>213,936</b>
10z	<b>1141</b>	65,406	13	0,137	4,7	5,3E-07	3358,417	0,042	0,042	986,827	<b>29,980</b>	140,905	8	73,956	<b>214,860</b>
11	<b>846</b>	48,495	13	0,101	8,914	5,3E-07	2490,114	0,046	0,046	986,827	<b>18,066</b>	161,036	9,7	49,297	<b>210,334</b>
11z	<b>846</b>	48,495	13	0,101	8,914	5,3E-07	2490,114	0,046	0,046	986,827	<b>18,066</b>	161,036	8,2	41,674	<b>202,710</b>



12	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,314	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,119	4,1	2,534	<b>6,653</b>
12z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,314	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,119	2,6	1,607	<b>5,726</b>
13	<b>3100</b>	177,701	16	0,246	3,1	5,3E-07	7413,682	0,034	0,034	986,827	<b>62,455</b>	193,611	4,1	121,930	<b>315,542</b>
13z	<b>3100</b>	177,701	16	0,246	3,1	5,3E-07	7413,682	0,034	0,034	986,827	<b>62,455</b>	193,611	3,4	101,113	<b>294,724</b>
14	<b>1550</b>	88,851	13	0,186	1,55	5,3E-07	4562,266	0,039	0,039	986,827	<b>50,551</b>	78,354	6,4	109,183	<b>187,537</b>
14z	<b>1550</b>	88,851	13	0,186	1,55	5,3E-07	4562,266	0,039	0,039	986,827	<b>50,551</b>	78,354	6,7	114,301	<b>192,655</b>
15	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	4,1	2,534	<b>7,079</b>
15z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	2,6	1,607	<b>6,153</b>
16	<b>1255</b>	71,940	13	0,151	7,67	5,3E-07	3693,964	0,041	0,041	986,827	<b>35,252</b>	270,386	9,7	108,485	<b>378,871</b>
16z	<b>1255</b>	71,940	13	0,151	7,67	5,3E-07	3693,964	0,041	0,041	986,827	<b>35,252</b>	270,386	8,2	91,709	<b>362,095</b>
17	<b>1550</b>	88,851	13	0,186	4,7	5,3E-07	4562,266	0,039	0,039	986,827	<b>50,551</b>	237,589	7,9	134,773	<b>372,362</b>
17z	<b>1550</b>	88,851	13	0,186	4,7	5,3E-07	4562,266	0,039	0,039	986,827	<b>50,551</b>	237,589	8	136,479	<b>374,068</b>
18	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	4,1	2,534	<b>7,079</b>
18z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	2,6	1,607	<b>6,153</b>
19	<b>1255</b>	71,940	13	0,151	7,67	5,3E-07	3693,964	0,041	0,041	986,827	<b>35,252</b>	270,386	9,7	108,485	<b>378,871</b>
19z	<b>1255</b>	71,940	13	0,151	7,67	5,3E-07	3693,964	0,041	0,041	986,827	<b>35,252</b>	270,386	8,2	91,709	<b>362,095</b>
20	<b>2042</b>	117,054	16	0,162	3,1	5,3E-07	4883,464	0,038	0,038	986,827	<b>30,445</b>	94,381	4,1	52,905	<b>147,286</b>
20z	<b>2042</b>	117,054	16	0,162	3,1	5,3E-07	4883,464	0,038	0,038	986,827	<b>30,445</b>	94,381	3,4	43,873	<b>138,254</b>
21	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	1,55	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	38,482	6,4	47,374	<b>85,856</b>
21z	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	1,55	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	38,482	6,7	49,595	<b>88,077</b>
22	<b>726</b>	41,617	13	0,087	8,814	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	123,076	9,7	36,304	<b>159,381</b>
22z	<b>726</b>	41,617	13	0,087	8,814	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	123,076	8,2	30,690	<b>153,767</b>
23	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,313	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,116	4,1	2,534	<b>6,650</b>
23z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,313	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,116	2,6	1,607	<b>5,723</b>
24	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	4,7	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	116,687	7,9	58,478	<b>175,164</b>
24z	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	4,7	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	116,687	8	59,218	<b>175,905</b>
25	<b>726</b>	41,617	13	0,087	8,814	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	123,076	9,7	36,304	<b>159,381</b>
25z	<b>726</b>	41,617	13	0,087	8,814	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	123,076	8,2	30,690	<b>153,767</b>
26	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,313	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,116	4,1	2,534	<b>6,650</b>

26z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,313	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,116	2,6	1,607	<b>5,723</b>
27	<b>2042</b>	117,054	16	0,162	3,1	5,3E-07	4883,464	0,038	0,038	986,827	<b>30,445</b>	94,381	4,1	52,905	<b>147,286</b>
27z	<b>2042</b>	117,054	16	0,162	3,1	5,3E-07	4883,464	0,038	0,038	986,827	<b>30,445</b>	94,381	3,4	43,873	<b>138,254</b>
28	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	1,55	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	38,482	6,4	47,374	<b>85,856</b>
28z	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	1,55	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	38,482	6,7	49,595	<b>88,077</b>
29	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	4,1	2,534	<b>7,079</b>
29z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	2,6	1,607	<b>6,153</b>
30	<b>726</b>	41,617	13	0,087	7,91	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	110,453	9,7	36,304	<b>146,757</b>
30z	<b>726</b>	41,617	13	0,087	7,91	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	110,453	8,2	30,690	<b>141,143</b>
31	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	4,7	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	116,687	7,9	58,478	<b>175,164</b>
31z	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	4,7	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	116,687	8	59,218	<b>175,905</b>
32	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	4,1	2,534	<b>7,079</b>
32z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	2,6	1,607	<b>6,153</b>
33	<b>726</b>	41,617	13	0,087	7,91	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	110,453	9,7	36,304	<b>146,757</b>
33z	<b>726</b>	41,617	13	0,087	7,91	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	110,453	8,2	30,690	<b>141,143</b>
34	<b>2042</b>	117,054	16	0,162	3,1	5,3E-07	4883,464	0,038	0,038	986,827	<b>30,445</b>	94,381	4,1	52,905	<b>147,286</b>
34z	<b>2042</b>	117,054	16	0,162	3,1	5,3E-07	4883,464	0,038	0,038	986,827	<b>30,445</b>	94,381	3,3	42,582	<b>136,963</b>
35	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	1,55	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	38,482	6,4	47,374	<b>85,856</b>
35z	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	1,55	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	38,482	6,7	49,595	<b>88,077</b>
36	<b>726</b>	41,617	13	0,087	8,814	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	123,076	9,7	36,304	<b>159,381</b>
36z	<b>726</b>	41,617	13	0,087	8,814	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	123,076	8,2	30,690	<b>153,767</b>
37	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,315	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,123	4,1	2,534	<b>6,656</b>
37z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,315	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,123	2,6	1,607	<b>5,729</b>
38	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	4,7	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	116,687	7,9	58,478	<b>175,164</b>
38z	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	4,7	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	116,687	8	59,218	<b>175,905</b>
39	<b>726</b>	41,617	13	0,087	8,814	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	123,076	9,7	36,304	<b>159,381</b>
39z	<b>726</b>	41,617	13	0,087	8,814	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	123,076	8,2	30,690	<b>153,767</b>
40	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,315	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,123	4,1	2,534	<b>6,656</b>
40z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,315	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,123	2,6	1,607	<b>5,729</b>

41	<b>2042</b>	117,054	16	0,162	3,1	5,3E-07	4883,464	0,038	0,038	986,827	<b>30,445</b>	94,381	4,1	52,905	<b>147,286</b>
41z	<b>2042</b>	117,054	16	0,162	3,1	5,3E-07	4883,464	0,038	0,038	986,827	<b>30,445</b>	94,381	3,3	42,582	<b>136,963</b>
42	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	1,55	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	38,482	6,4	47,374	<b>85,856</b>
42z	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	1,55	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,827</b>	38,482	6,7	49,595	<b>88,077</b>
43	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	4,1	2,534	<b>7,079</b>
43z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	2,6	1,607	<b>6,153</b>
44	<b>726</b>	41,617	13	0,087	1,452	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	20,275	9,7	36,304	<b>56,579</b>
44z	<b>726</b>	41,617	13	0,087	1,452	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	20,275	8,2	30,690	<b>50,965</b>
45	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	4,7	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,826</b>	116,680	7,9	58,478	<b>175,158</b>
45z	<b>1021</b>	58,527	13	0,122	4,7	5,3E-07	3005,209	0,044	0,044	986,827	<b>24,826</b>	116,680	8	59,218	<b>175,898</b>
46	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	4,1	2,534	<b>7,079</b>
46z	<b>295</b>	16,910	13	0,035	1,45	5,3E-07	868,302	0,066	0,066	986,827	<b>3,135</b>	4,546	2,6	1,607	<b>6,153</b>
47	<b>726</b>	41,617	13	0,087	1,452	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	20,275	9,7	36,304	<b>56,579</b>
47z	<b>726</b>	41,617	13	0,087	1,452	5,3E-07	2136,907	0,048	0,049	986,827	<b>13,964</b>	20,275	8,2	30,690	<b>50,965</b>

## Větev Podlahové vytápění

Úsek	Tepelný výkon	Průtočné množství	Vnitřní průměr potrubí	Rychlost proudění	Délka úseku	Kinem. viskozita	Reynoldsovo číslo	souč. tlakové ztráty	souč. tlakové ztráty	hustota	Měrný tl. Spád	Tl.ztráta třením	Vřazené odpory	Tl. Ztráta vř. Odpory
	Q (W)	m (kg/h)	d (mm)	w (m/s)	l (m)	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	Re (-)	$\lambda_o$ (-)	$\lambda$ (-)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	R (Pa/m)	R*I (Pa)	Sum $\xi$	Z (Pa)
1	<b>40082</b>	3911	39	0,909424	16,46	7,16E-07	49528,03	0,021073	0,021073	993,2096	<b>221,9223</b>	3652,84	12,2	<b>5010,755</b>
1z	<b>40082</b>	3911	39	0,909424	16,46	7,16E-07	49528,03	0,021073	0,021073	993,2096	<b>221,9223</b>	3652,84	13,1	<b>5380,401</b>
2	<b>35022</b>	3295	39	0,766185	13,3	7,16E-07	41727,15	0,021884	0,021884	993,2096	<b>163,5855</b>	2175,687	1,6	<b>466,443</b>
2z	<b>35022</b>	3295	39	0,766185	13,3	7,16E-07	41727,15	0,021884	0,021884	993,2096	<b>163,5855</b>	2175,687	1,5	<b>437,2903</b>
3	<b>31085</b>	2939	39	0,683405	8,12	7,16E-07	37218,84	0,022452	0,022452	993,2096	<b>133,5263</b>	1084,234	2,9	<b>672,6124</b>
3z	<b>31085</b>	2939	39	0,683405	8,12	7,16E-07	37218,84	0,022452	0,022452	993,2096	<b>133,5263</b>	1084,234	2,8	<b>649,4189</b>
4	<b>13623</b>	1324	32	0,457294	6,05	7,16E-07	20434,59	0,025851	0,025851	993,2096	<b>83,89213</b>	507,5474	5,7	<b>591,9391</b>
4z	<b>13623</b>	1324	32	0,457294	6,05	7,16E-07	20434,59	0,025851	0,025851	993,2096	<b>83,89213</b>	507,5474	3,9	<b>405,011</b>
5	<b>3785</b>	337	20	0,297973	5,54	7,16E-07	8322,001	0,032545	0,032545	993,2096	<b>71,74939</b>	397,4916	11,1	<b>489,4282</b>
5z	<b>3785</b>	337	20	0,297973	5,54	7,16E-07	8322,001	0,032545	0,032545	993,2096	<b>71,74939</b>	397,4916	8,5	<b>374,7873</b>
6	<b>9838</b>	987	32	0,340898	3,15	7,16E-07	15233,34	0,027786	0,027786	993,2096	<b>50,11208</b>	157,853	0,3	<b>17,31338</b>
6z	<b>9838</b>	987	32	0,340898	3,15	7,16E-07	15233,34	0,027786	0,027786	993,2096	<b>50,11208</b>	157,853	0,6	<b>34,62675</b>
7	<b>3707</b>	354	20	0,313005	5,54	7,16E-07	8741,806	0,03212	0,032119	993,2096	<b>78,13605</b>	432,8737	11,1	<b>540,0521</b>
7z	<b>3707</b>	354	20	0,313005	5,54	7,16E-07	8741,806	0,03212	0,032119	993,2096	<b>78,13605</b>	432,8737	8,5	<b>413,5534</b>
8	<b>6131</b>	633	25	0,358205	10,9	7,16E-07	12505,23	0,029232	0,029232	993,2096	<b>74,50639</b>	812,1197	11,4	<b>726,4043</b>
8z	<b>6131</b>	633	25	0,358205	10,9	7,16E-07	12505,23	0,029232	0,029232	993,2096	<b>74,50639</b>	812,1197	11,7	<b>745,5202</b>
9	<b>5060</b>	616	25	0,348585	21,8	7,16E-07	12169,38	0,029437	0,029437	993,2096	<b>71,05161</b>	1548,925	17,6	<b>1062,038</b>
9z	<b>5060</b>	616	25	0,348585	21,8	7,16E-07	12169,38	0,029437	0,029437	993,2096	<b>71,05161</b>	1548,925	15,9	<b>959,4551</b>
10	<b>3937</b>	356	22	0,260143	20,6	7,16E-07	7991,995	0,032891	0,032891	993,2096	<b>50,24524</b>	1035,052	13,8	<b>463,7827</b>
10z	<b>3937</b>	356	22	0,260143	20,6	7,16E-07	7991,995	0,032891	0,032891	993,2096	<b>50,24524</b>	1035,052	14,6	<b>490,6686</b>
11	<b>17462</b>	1615	32	0,557802	8,22	7,16E-07	24925,88	0,024653	0,024653	993,2096	<b>119,0391</b>	978,5011	2,8	<b>432,6426</b>
11z	<b>17462</b>	1615	32	0,557802	8,22	7,16E-07	24925,88	0,024653	0,024653	993,2096	<b>119,0391</b>	978,5011	0,7	<b>108,1607</b>
12	<b>11658</b>	1095	32	0,3782	7,62	7,16E-07	16900,21	0,027078	0,027078	993,2096	<b>60,10687</b>	458,0143	4,1	<b>291,2315</b>

12z	<b>11658</b>	1095	32	0,3782	7,62	7,16E-07	16900,21	0,027078	0,027078	993,2096	<b>60,10687</b>	458,0143	2	<b>142,0641</b>
13	<b>5427</b>	554	25	0,3135	9,81	7,16E-07	10944,54	0,030254	0,030254	993,2096	<b>59,06379</b>	579,4157	3,6	<b>175,7066</b>
13z	<b>5427</b>	554	25	0,3135	9,81	7,16E-07	10944,54	0,030254	0,030254	993,2096	<b>59,06379</b>	579,4157	2,5	<b>122,0185</b>
14	<b>2723</b>	225	20	0,198944	0,7	7,16E-07	5556,232	0,03637	0,03637	993,2096	<b>35,74235</b>	25,01965	7,2	<b>141,5154</b>
14z	<b>2723</b>	225	20	0,198944	0,7	7,16E-07	5556,232	0,03637	0,03637	993,2096	<b>35,74235</b>	25,01965	5,4	<b>106,1365</b>
15	<b>2704</b>	329	20	0,2909	3,83	7,16E-07	8124,447	0,032756	0,032755	993,2096	<b>68,82594</b>	263,6034	7,5	<b>315,1804</b>
15z	<b>2704</b>	329	20	0,2909	3,83	7,16E-07	8124,447	0,032756	0,032755	993,2096	<b>68,82594</b>	263,6034	5,1	<b>214,3227</b>
16	<b>5804</b>	520	25	0,29426	3,17	7,16E-07	10272,86	0,030757	0,030757	993,2096	<b>52,90304</b>	167,7026	3,1	<b>133,3013</b>
16z	<b>5804</b>	520	25	0,29426	3,17	7,16E-07	10272,86	0,030757	0,030757	993,2096	<b>52,90304</b>	167,7026	2,7	<b>116,1012</b>
17	<b>2827</b>	246	20	0,217512	8,75	7,16E-07	6074,814	0,035471	0,035471	993,2096	<b>41,66927</b>	364,6061	15	<b>352,4258</b>
17z	<b>2827</b>	246	20	0,217512	8,75	7,16E-07	6074,814	0,035471	0,035471	993,2096	<b>41,66927</b>	364,6061	13,2	<b>310,1347</b>
18	<b>2977</b>	274	20	0,242269	11,9	7,16E-07	6766,256	0,034427	0,034427	993,2096	<b>50,17359</b>	597,0657	15,3	<b>445,9629</b>
18z	<b>2977</b>	274	20	0,242269	11,9	7,16E-07	6766,256	0,034427	0,034427	993,2096	<b>50,17359</b>	597,0657	14,2	<b>413,9002</b>
19	<b>6231</b>	541	25	0,306143	3,2	7,16E-07	10687,72	0,030441	0,030441	993,2096	<b>56,67333</b>	181,3547	3,1	<b>144,2854</b>
19z	<b>6231</b>	541	25	0,306143	3,2	7,16E-07	10687,72	0,030441	0,030441	993,2096	<b>56,67333</b>	181,3547	2,7	<b>125,6679</b>
20	<b>3059</b>	254	20	0,224585	5,23	7,16E-07	6272,369	0,035156	0,035156	993,2096	<b>44,02948</b>	230,2742	12,4	<b>310,5956</b>
20z	<b>3059</b>	254	20	0,224585	5,23	7,16E-07	6272,369	0,035156	0,035156	993,2096	<b>44,02948</b>	230,2742	10,6	<b>265,5091</b>
21	<b>3172</b>	287	20	0,253764	8,43	7,16E-07	7087,283	0,033992	0,033992	993,2096	<b>54,35179</b>	458,1856	12,7	<b>406,1381</b>
21z	<b>3172</b>	287	20	0,253764	8,43	7,16E-07	7087,283	0,033992	0,033992	993,2096	<b>54,35179</b>	458,1856	11,6	<b>370,9607</b>